

Vysoká škola báňská-Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2009

Bc. Marek Lasota

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Institut dopravy

Úprava obsluhovacích zařízení koksovací baterie

Operation Device Preparation of Coke-Oven Battery

Student :

Bc. Marek Lasota

Vedoucí diplomové práce :

prof. Ing. Jiří Zegzulka, CSc.

Ostrava, 2009



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Úprava obsluhovacích zařízení koksovací baterie

Operation Device Preparation of Coke-Oven Battery

Student: Bc. Marek Lasota
Studijní obor: 3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství
Specializace: 3909T001-35 Dopravní stroje a manipulace s materiálem
Pracoviště: Institut dopravy - 342

Zásady pro zpracování:

1. Vypracujte schéma stávajících obslužných zařízení a navržených variant nové situace.
2. Konstrukční návrh řešení pro zlepšení současného stavu obsluhy baterie.
3. Řešení místa vykládky a postupů při jeho obsluze.
4. Cenové posouzení navržených variant provedení.
5. Potřebné technologické a pevnostní výpočty.
6. Rozbor mechanicko-fyzikálních vlastností dopravované hmoty

Pokyny pro zpracování:

Rozsah práce: min. 50 stran textu

Seznam doporučené literatury:

- PEŠAT, Z.: *Manipulace s materiálem v hutích I.* VŠB-TU Ostrava, 1992.
CVEKL, ZL., JANOVSKÝ, L., PODIVÍNSKÝ, C., TALÁCKO, J.: *Teorie dopravních a manipulačních zařízení.* Skriptum ČVUT Praha, 1984.
DRAŽAN, F., JEŘÁBEK, K.: *Manipulace s materiálem.* SNTL/ALFA, 1979.
DRAŽAN, F., CVEKL, Z. A KOL.: *Teoretické základy transportních zařízení.* SNTL/ALFA, 1976
NOVOTNÝ, J., PODIVÍNSKÝ, V.: *Podklady pro konstrukční cvičení z transportních zařízení.* Skriptum ČVUT Praha, 1974.
Firemní literatura a příslušné normy
ZEGZULKA, J.: *Mechanika sypkých hmot,* OSTRAVA, VŠB-TUO, 2004, ISBN 80-248-0699-1
ZEGZULKA, J.: *Mechanika partikulárních hmot,* SKRIPTA V TISKU
ZEGZULKA, J.: *Standard smykové zkoušky partikulárních hmot,* Working Party on the Mechanics of Particulate Solids, European Federation of Chemical Engineering, 2006, ISBN 80-248-1051-4
Přednášky z předmětu Dopravníky – prof.ing. Jiří Zegzulka, CSc.

Vedoucí diplomové práce:	prof. Ing. Jiří Zegzulka, CSc.
Datum zadání diplomové práce:	10. listopad 2008
Datum odevzdání:	22. května 2009
Akademický rok:	2008/2009



doc. Ing. Vladimír Smrž, Ph.D.
ředitel Institutu dopravy

prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan FS

V Ostravě dne 10. listopadu 2008

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě.....

.....
podpis studenta

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35, odst. 3).
- Souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby

V Ostravě:.....

.....

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

LASOTA, M. Úprava obsluhovacích zařízení koksovací baterie:
institut dopravy, Fakulta strojní VŠB Technická univerzita Ostrava, 2009.

Diplomová práce se zabývá návrhem vhodného dopravního zařízení k odvedení odpadového materiálu strojní strany koksovací baterie, kde dochází při obsazování komor k hromadění odpadového uhlí.

V prvních kapitolách je obecné seznámení se s dopravní technikou koksoven a logistickým celkem koksovny. Dále následuje seznámení se s problematikou, volba vhodného zařízení a jeho uspořádání. Na základě technologických a pevnostních výpočtů, naměřených mechanicko-fyzikálních hodnot dopravovaného materiálu jsou dimenzovány jednotlivé díly a navržena poháněcí stanice.

Práce přispívá k usnadnění práce při obsluhování baterie, napomáhá rozhodnutí vedení koksovny při budoucích rekonstrukcích.

ANNOTATION OF THESIS

LASOTA, M. Operation Device Preparation of Coke-Oven Battery:
Institut of Transport, Faculty of Mechanical Engineering,
VŠB Technical University of Ostrava, 2009.

The thesis represents an individual project of special transport device. The device is supposed to lead the waste material out of the coke-oven battery, where coal waste accumulate while filling the chambers.

Firts part of the thesis presents an introduction to transport technology of coking plants and its logistics. Next part deals with a problem definition, selection of the suitable device and its arrangements. On the basis of technological and strenght calculations and physiomechanical measurements of transport material, the design and size of single parts and actuator has been projected. The presented project contributes to facilitation of coke-battery management.

The results are supposed to encourage a leadership of coke plants to implementation of the presented project within potential reconstructions in future.

OBSAH:

Seznam použitého značení.....	3
1 Úvod ke koksárenství.....	8
2 Dopravní komplexy koksoven	9
2.1 Dopravní sled procesu koksování	9
2.2 Koksárenské baterie dle způsobu obsazování	10
2.3 Zapalování a ohřev komor.....	12
2.4 Koksování.....	12
2.5 Vytlačování a hašení koksu.....	13
2.6 Manipulace s koksem a třídění.....	14
3 Dopravní zařízení koksoven.....	16
3.1 Doprava uhlí k pecím	17
3.2 Odebírání uhlí z uhelných věží.....	17
3.3 Další používané dopravníky související s dopravovaným materiálem na koksovně.....	18
3.3.1 Některé typy používaných dopravníků	18
3.3.2 Redlery a hřeblové dopravníky	19
3.4 Vynášení uhlí ze zásobníků na pás a dávkování	21
3.5 Mísiče.....	23
4 Dpravovaný materiál na koksovně a jeho úprava	24
4.1 Koksárenské uhlí	24
4.1.1 Zařízení pro mletí uhlí.....	24
4.2 Koks	27
5 Popis firmy z hlediska historie a současného stavu	27
5.1 Třinecké železářny	27
5.2 Koksovna v Třinci	30
5.3 Popis problému.....	31
6 Návrh variant dopravních zařízení pro odvod nežádoucího materiálu na ochozu ...	33
6.1 Schéma současného řešení situace	33
6.2 Manipulační prostředky, které je možno použít pro tento účel.....	33
6.3 Volba manipulačního prostředku a její důvody	35
6.4 Schémata možností konstrukčních uspořádání voleného zařízení, volba a důvody.	36
6.5 Výpočet hřeblového dopravníku	37
6.5.1 Návrh rychlosti a dopravního množství	37
6.5.2 Výkon poháněcí stanice	39

6.5.3	Volba pohonu a kontrola výkonových parametrů	46
6.5.4	Předpětí a napínání	53
6.5.5	Kontrola řetězu	53
6.5.6	Návrh a kontrola hřídelí	55
6.5.7	Návrh a kontrola ložisek	64
6.5.8	Kontrola per.....	65
6.6	Konstrukce dopravníku	66
6.6.1	Konstrukce horní a spodní větve	66
6.6.2	Poháněcí stanice	67
6.6.3	Vratná a napínací stanice.....	68
6.6.4	Výsypka.....	68
6.7	Návrh činnosti dopravníku, obslužných prací a bezpečnostních opatření	69
7	Možné úpravy zarovnávací škrabky pro minimalizaci odpadajícího uhlí.....	71
8	Závěr.....	72
9	Seznam použitých pramenů:	74
10	Seznam příloh.....	75

Seznam použitého značení

Označení	Název	Jednotka
a_v	Šířka žlabu	[m]
b_z	Celková délka násypných ploch vzniklých za dobu přestávky činnosti dopravníku	[m]
C_r	Dynamická únosnost	[N]
d_c	Průměr článku řetězu	[m]
d_h	Navržený průměr hřídele	[m]
d_{h1}	Průměr čepů řetězových kol	[m]
d_{h2}	Průměr mezi čepy řetězových kol	[m]
d_{lz}	Průměr čepů ložisek	[m]
d_{min}	Minimální průměr hřídele	[m]
D_r	Průměr roztečné kružnice	[m]
d_{sh}	Střední průměr hnacího hřídele	[m]
d_{sv}	Střední průměr vratného hřídele	[m]
d_v	Navržený průměr vratné hřídele	[m]
d_{vmin}	Minimální průměr vratné hřídele	[m]
E	Modul pružnosti v tahu	[Pa]
F_d	Dynamická síla v řetězu pro celkové zaplnění horní větve	[N]
F_{de}	Ekvivalentní dynamické zatížení	[N]
F_h	Odpor v horní větvi	[N]
F_{hc}	Odporová síla v horní větvi pro celkové zaplnění dopravníku	[N]
F_m	Síla předpětí řetězu	[N]
F_{max}	Maximální tažná síla	[N]
F_{mc}	Síla předpětí řetězu pro celkové zaplnění dopravníku	[N]
F_s	Odpor ve spodní větvi	[N]
F_{tmax}	Maximální tažná síla	[N]
F_v	Síla působící na hřídel	[N]
F_{zk}	Zkušební zatížení řetězu	[N]
G	Modul pružnosti ve smyku	[Pa]
h	Výška hřebel	[m]
h_1	Unášená výška materiálu nad hřeblem	[m]
h_p	Výška pera	[m]
i_p	Převodový poměr převodovky	[-]
i_p	Počet per	[ks]
i_{pp}	Potřebný převodový poměr	[-]

J_h	Kvadratický moment průřezu	[mm ⁴]
J_p	Moment setrvačnosti převodovky	[kg.m ²]
J_p	Polární moment průřezů	[mm ⁴]
k_0	Součinitel rozdělení ekvivalentních ztrát	[-]
k_2	Součinitel pružnosti řetězu	[-]
k_b	Součinitel bezpečnosti	[-]
k_{br}	Součinitel bezpečnosti řetězu	[-]
k_c	Celková míra bezpečnosti	[-]
k_{cdov}	Dovolená celková míra bezpečnosti	[-]
K_{cel}	Výsledná obvodová síla na řetězovém bubnu	[N]
k_{cs}	Míra bezpečnosti v ohybu	[-]
k_{ct}	Míra bezpečnosti v krutu	[-]
k_φ	Koeficient plnění	[-]
k_h	Součinitel odporu horní větve	[-]
k_i	Součinitel počtu řetězů	[-]
k_s	Součinitel odporu spodní větve	[-]
k_z	Součinitel zakřivení tratě	[-]
l_1	Vzdálenost os řetězových kol	[m]
l_2	Vzdálenost os řetězových kol a ložisek	[m]
l_{c1}	Délka čepu řetězového kola	[m]
l_{c2}	Délka hřídele mezi čepy kol	[m]
l_{c3}	Délka čepu ložiska 1	[m]
l_{c4}	Délka čepu ložiska 2	[m]
l_{cv}	Délka výstupního hřídele	[m]
l_h	Délka hřídele	[m]
L_h	Trvanlivost ložiska	[hr]
L_k	Šířka komory (délka násypové plochy):	[m]
L_{mk}	Délka působení kroutícího momentu	[m]
l_p	Vzdálenost podpor	[m]
l_p	Délka pera	[m]
L_v	Celková délka dopravního úseku	[m]
M_2	Výstupní jmenovitý moment převodovky	[N.m]
M_D	Moment dynamický	[N.m]
m_h	Hmotnost hřeblo	[kg]
m_{hh}	Hmotnost hnacího hřídele	[kg]
M_{kp}	Minimální potřebný kroutící moment na řetězovém kole	[N.m]
m_{ma}	Hmotnost matice	[kg]
M_N	Jmenovitý moment motoru	[N.m]

m_o	Hmotnost odpadového materiálu vsázky jedné komory	[kg]
M_o	Ohybový moment	[N.m]
m_p	Hmotnost podložky	[kg]
m_p	Měrná hmotnost pásma	[kg.m ⁻¹]
m_{re}	Měrná hmotnost řetězu	[kg.m ⁻¹]
M_{red}	Redukovaný moment	[N.m]
m_{rk}	Hmotnost řetězového kola	[kg]
M_S	Moment statický	[N.m]
m_{sr}	Hmotnost šroubu	[kg]
m_t	Hmotnost třmenu	[kg]
M_{utr}	Moment k utržení řetězu	[N.m]
m_{vh}	Hmotnost vratného hřídele	[kg]
m_z	Hmotnost závaží	[kg]
n	Otáčky řetězových kol	[min ⁻¹]
n_2	Výstupní otáčky převodovky	[min ⁻¹]
n_{cp}	Počet článků na 1 m pásma	[ks]
n_{cr}	Počet článků na 1 m řetězu	[ks]
n_e	Počet elektromotorů	[ks]
n_k	Počet obsazení komor za dobu přestávky činnosti dopravníku	[ks]
n_m	Výstupní otáčky elektromotoru	[min ⁻¹]
n_{sp}	Počet spuštění dopravníku pro naplnění kontejneru	[-]
p	Tlak působící na pero	[Pa]
P_{cel}	Výkon elektromotoru potřebný	[W]
p_{Dp}	Dovolený tlak	[Pa]
P_{el}	Výkon elektromotoru	[W]
P_{Lmax}	Výkon potřebný k odvedení plné horní větve	[W]
Q_d	Dopravní výkon dopravníku	[t.h ⁻¹]
Q_{ds}	Skutečný dopravní výkon	[t.h ⁻¹]
q_m	Měrná hmotnost dopravovaného materiálu	[kg.m ⁻¹]
Q_{max}	Dopravní výkon potřebný	[t.h ⁻¹]
S_1	Průřez žlabu	[m ²]
S_p	Potřebná teoretická průřezová plocha	[m ²]
t	Rozteč řetězu	[m]
T_0	Tah v bodě 0	[N]
T_1	Tah v bodě 1	[N]
T_2	Tah v bodě 2	[N]

T_3	Tah v bodě 3	[N]
t_c	Celková doba chodu dopravníku	[s]
t_{ck}	Doba cyklu obslužení kontejneru	[s]
t_k	Navržená doba přestávky činnosti dopravníku	[h]
t_{kmax}	Maximální doba přestávky	[h]
t_o	Doba pro obslužení komory	[s]
t_p	Zvolena doba činnosti dopravníku k odstranění materiálu po délce L_v	[s]
t_{p2}	Zvolena doba činnosti dopravníku k projetí délky L_v na prázdno	[s]
t_r	Zvolená doba rozběhu	[s]
t_{rmax}	Maximální doba rozběhu	[s]
t_{sm}	Doba shrnutí materiálu z násypové plochy jedné komory	[s]
v	Rychlost řetězu	[m.s ⁻¹]
V	Rotační součinitel	[-]
V_{max}	Navržená kapacita kontejneru výtahu	[m ³]
v_s	Skutečná rychlost řetězu	[m.s ⁻¹]
X	Radiální součinitel ložiska	[-]
y_{dovh}	Dovolený průhyb hnací hřídele	[mm]
y_{dovv}	Dovolený průhyb vratného hřídele	[mm]
y_{max}	Maximální průhyb	[mm]
z	Počet zubů řetězového kola	[ks]
α	Úhel stoupání	[°]
β_σ	Vliv koncentrace napětí	[-]
Δv	Procentuální rozdíl rychlosti	[%]
ε_v	Vliv velikosti součásti	[-]
φ	Celkové zkroucení hřídele	[°]
φ_{dov}	Dovolené maximální zkroucení	[°.m ⁻¹]
φ_e	Efektivní úhel vnitřního tření uhlí	[°]
φ_m	Úhel zkroucení hřídele vztažený na 1 metr	[°.m ⁻¹]
φ_w	Úhel vnějšího tření	[°]
η	Účinnost pohonu	[-]
λ	Poměrný moment zvratu	[-]
ν_p	Vliv jakosti povrchu	[-]
ρ_s	Sypná hmotnost	[kg.m ⁻³]
σ_c	Mez únavy v ohybu	[Pa]
σ_{cs}	Skutečná mez únavy pro součást s vrubem	[Pa]

σ_d	Dovolené napětí	[Pa]
σ_o	Ohybové napětí	[Pa]
τ	Oteplovací časová konstanta	[min]
τ_c	Mez únavy v krutu	[Pa]
τ_k	Kroutící provozní napětí	[Pa]

1 Úvod ke koksárenství

Tato diplomová práce má za účel přispět k problematice v oboru dopravy a manipulace s materiálem a to konkrétně na provozu koksoven. V následujících kapitolách se jedná o konkrétní návrh dopravního zařízení k odstranění žhavého koksu z nežádoucích prostor. Pro seznámení se s provozem koksovny si nejdříve dovoluji v prvních kapitolách uvést několik dějepisných a výrobně-procesních informací týkajících se koksoven.

Výroba koksu z hlediska historie souvisí s výrobou železa. Před několika tisíci lety bylo používáno dřevěné uhlí k dosažení redukce uhlíkem. Dřevěné uhlí se používalo k redukci rudy ještě mnoho let po zavedení výroby koksu z černého uhlí. V souvislosti se zvyšováním výroby docházelo k nedostatku dřeva jako energetického zdroje. K nahrazování dřevěného uhlí černým uhlím docházelo v XI. Století. Obsahy síry v černém uhlí však vytváří nežádoucí vlastnosti u oceli a těkavé zplodiny karbonizace působí rušivě při redukci. První pokusy o výrobu koksu byly provedeny v roce 1589. Na přelomu XVII a XVIII století již byla výroba koksu na dostatečné úrovni pro hutnické účely. Koks se postupným vývojem hutnictví stal nepostradatelným palivem pro výrobu surového železa a oceli. Výroba koksu spočívá v tom, že se směs uhlí vhodné jakosti a vhodně upravené zahřívá za nepřístupu vzduchu v uzavřených prostorách a karbonizuje se. Probíhá složitý tepelný rozklad uhelné hmoty a jako hlavní výrobek vzniká koks. Dalšími produkty jsou pak: dehet, čpavek, naftalen, benzen a jeho homology, fenol, pyridin, kyanovodík, sirovodík a koksárenský plyn. Teplota zpracování se v průběhu výroby mění a to na teplotu vysoušení a další teploty pro rozklad uhelné hmoty. Nejvyšší teplota je 1100°.

V roce 1940 byl vyvinut základní prototyp moderních koksovacích pecí. Pece byly asi 12 m dlouhé, 4 m vysoké a 0,5 m široké, vybavené na obou stranách dveřmi. Přívod vzduchu se předehtřival horkým vystupujícím plynem. Rekuperace odpadního tepla umožnila vyšší teploty a zvýšila rychlost koksování. Od roku 1940 se proces mechanizoval a zdokonalily se konstrukční materiály bez významných projektových úprav. Současné soustavy mohou obsahovat až 60 komor o rozměrech 14 m délky a 6 m výšky. S ohledem na přenos tepla byla šířka ponechána v rozmezí 0,3 - 0,6 m. Každá pec v baterii obsáhne až 30 t uhlí. Nicméně v dnešní době postavené koksovny dále zvětšily rozměry.

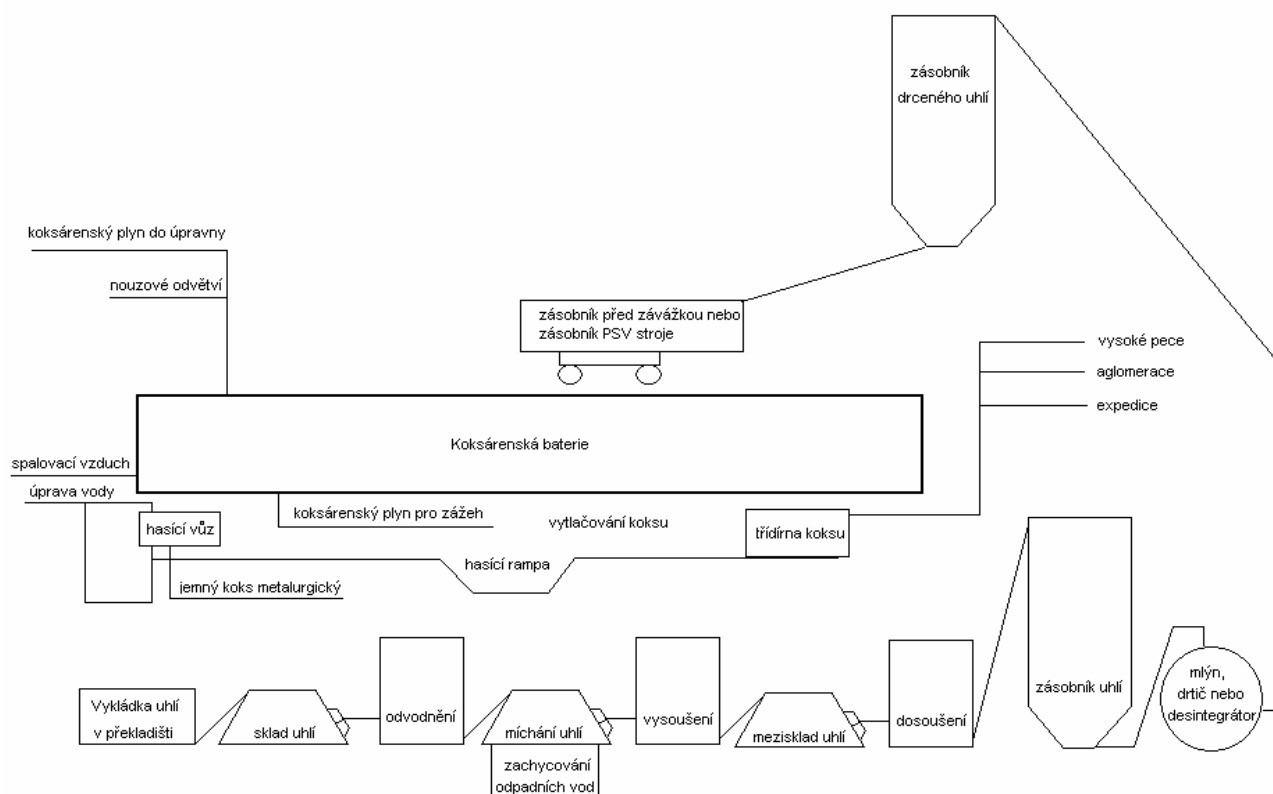
2 Dopravní komplexy koksoven

2.1 Dopravní sled procesu koksování

Proces koksování lze rozdělit na :

- manipulaci s uhlím
- bateriové procesy (vsazování uhlí, zahřívání /žhnutí, koksování, vytlačování koksu,
- hašení koksu
- manipulaci s koksem a přípravu
- jímání a úpravu koksárenského plynu a rekuperaci vedlejších produktů

Zjednodušené schéma celé soustavy pochodů a procesů potřebných k výrobě koksu je znázorněno na obr. 1.



obr. 1 - Schéma dopravního komplexu koksovný [13]

Manipulace s uhlím zahrnuje následující etapy :

- vyklápění uhlí: uhlí se vyklopí z lodí nebo vlaků na přepravní systém nebo na složiště. Používají se obvykle velké jeřáby s drapáky
- skládka uhlí: koksovny jsou běžně spojeny s velkou plochou uhelných skládek
- přeprava uhlí: musí se počítat s přepravou uhlí dopravníky, možnými přepravními uzly mimo budovy a přepravu po silnicích
- příprava uhlí: přípravou uhlí se rozumí promíchávání ve vrstvách, míšení v zásobnících a drcení
- během mísícího procesu se mohou přidávat také látky k recyklaci, jako například dehet
- zavážení uhelné věže
- obsazování zavážecích vozů (podle způsobu provozu také zde bývá přechování vsázky a osazování pecí)

Operace v komorách koksové baterie (obr. 2.) zahrnují :

- zavážení uhlí nebo osazování pecí
- ohřívání /zapálení komor
- koksování
- vytlačování koksu
- hašení koksu

2.2 Koksárenské baterie dle způsobu obsazování

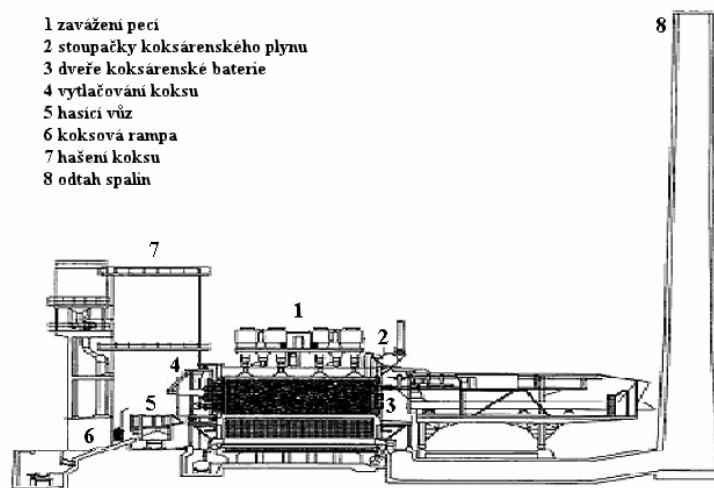
Základní dělení koksárenských baterií je podle obsazování na:

- baterie se sypným provozem
- baterie s přechovacím provozem (problematika této diplomové práce)

U koksovacích baterií se sypným provozem se jemná uhelná směs nasypává do dané koksovací komory shora pomocí plnicího resp. zavážecího vozu. Uhlenná směs se dopravuje z uhelné věže do zásobníku plnicího vozu, jenž pojíždí shora koksovací baterie. Přesný princip sypného provozu je velmi podobný v porovnání s přechovacím. Liší se

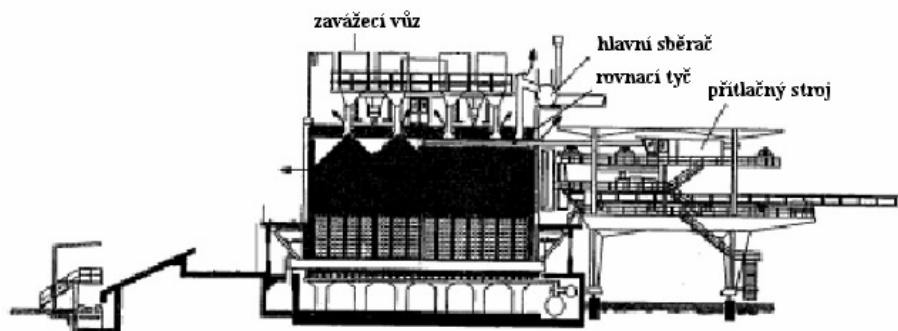
pouze způsobem osazení pecí uhlím. Z tohoto důvodu přesnou obsluhu baterie popisují v následujícím odstavci o pēchovacím provozu. Pro zavážení koksovacích komor práškovým uhlím (70-85 % pod 3 mm) zavážecími otvory existuje několik technik. Nejběžnější technikou je gravitační zavážení zavážecími vozy. To může být nepřetržitě, postupné nebo etapové pomocí regulované rychlosti vodorovného šroubového podavače nebo točen. Bez ohledu na systém se přísun uhlí musí provádět za regulace. Pro všechny tyto systémy se uvádějí obecná opatření. Účelem těchto opatření je dosáhnout "bezdýmného" zavážení (zavážení s omezenými emisemi).

Zavážení potrubím nebo pēchovaného zavážení se používá vzácně. Pojetí a geometrie zavážecích otvorů a systémů jsou velmi důležitým prvkem při snižování emisí ze zavážení.



obr. 2 - Schéma baterie – sypný provoz [13]

Technologické schéma zavážení koksovací komory uhlím pomocí zavážecích vozů je na obr. 3.



obr. 3 - Zavážení pecí [13]

U koksovacích baterií s pýchovacím provozem se uhelná směs přivádí z uhelné věže do zásobníku pýchovacího, sázecího a zároveň výtlačného stroje (dále jen PSV stroj). PSV stroj pojíždí po zdvojeném kolejovém vedení a je umístěn na sázecí straně koksovací baterie, takže oproti sypnému provozu se uhlí ve formě upýchovaného hranolu přivádí zboku baterie. V PSV stroji se vynášecí uhlí nasypává do bednění, které určuje budoucí tvar hranolu a zároveň se uhlí pýchuje řadou pýchovacích tyčí jejichž horizontální pohyb je řízen společnou hřídelí. PSV stroj také obsahuje mechanismy k otevírání a zavírání dveří sázecí strany koksovací baterie. Po otevření dveří se vytlačuje hotový koks výtlačným mechanismem, jehož funkční částí je výtlačný píst. Obdélníková plocha tlačí rovnoměrně na koksový hranol a vytlačuje ho na druhou stranu, kde se přesypává do hasícího vozu nebo na nakloněnou rovinu, kde po vychladnutí a otevření závor se dále dopravuje pásovou dopravou. Po vytlačení produktu a zajištění trnu do výchozí polohy najede PSV stroj sázecím mechanismem k dveřím koksovací baterie a sázecím pístem zatlačuje uhelný hranol do pece. Přitom se také zarovnávršek hranolu pomocí škrabky. Po osazení pece stroj dveře uzavře a cyklus se opakuje u následující určené pece.

2.3 *Zapalování a ohřev komor*

Jednotlivé koksovací komory jsou odděleny vyhřívanými stěnami. Ty obsahují určitý počet topných kanálků s tryskami pro dodávané palivo a s jednou nebo více boxy pro přívod vzduchu v závislosti na výšce stěny koksovací pece. Průměrná teplota vezděné trysky charakteristické pro provoz vyhřívání spalinami se obvykle pohybuje mezi 1150 a 1350 ° C. Obvykle se jako paliva používá vyčištěného koksárenského plynu, ale může se rovněž použít i dalších plynů jako (obohaceného) vysokopecního plynu.

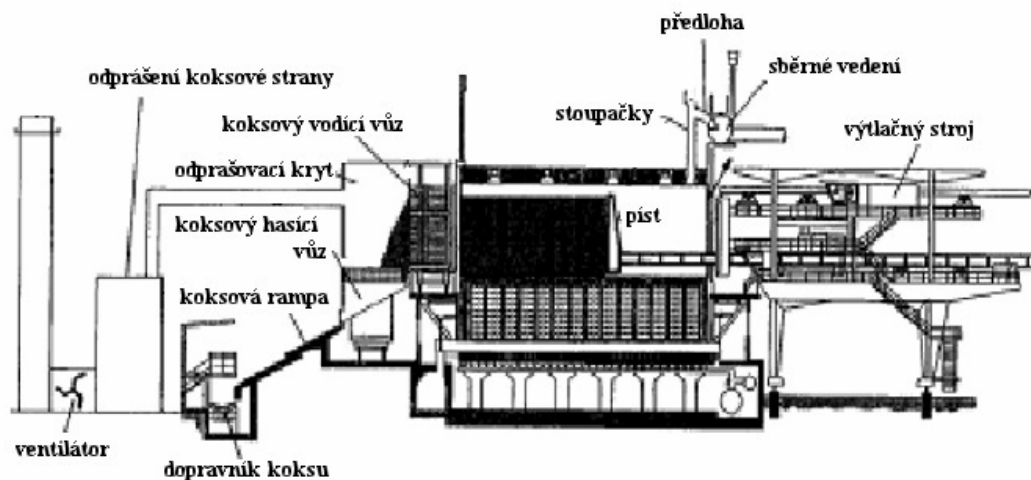
2.4 *Koksování*

Proces karbonizace začíná bezprostředně po zavážce uhlím. Odchází plyn a vlhkost, která je okolo 8-11 % vsazeného uhlí. Tento surový koksárenský plyn se vyfukuje stoupačkami do hlavního sběrného vedení. Vysoká výhřevnost tohoto plynu znamená, že se může po vyčištění použít jako palivo (např. pro ohřev baterie). Uhlí zůstává v koksovací peci dokud střed uhelné vsázky nedosáhne teploty 1000 – 1100 ° C. Koksovací proces je ukončen v závislosti na šířce pece a podmínkách vyhřívání po 14 - 24 hodinách.

Z 1000 kg uhlí se získá mezi 750-800 kg koksu a cca 325 m³ koksárenského plynu, což odpovídá cca 187 kg (koksárenského plynu). Je třeba uvést, že výtěžek koksu, produkce

koksárenského plynu a složení závisí do značné míry na složení uhlí a době koksování.

2.5 Vytlačování a hašení koksu

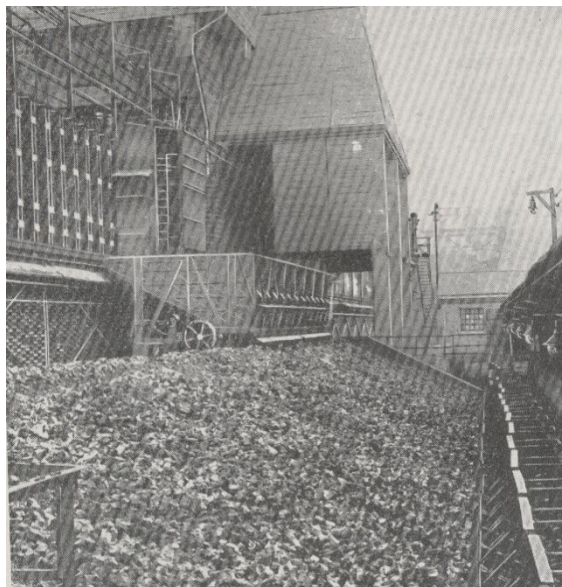


obr. 4 – Vytlačování koksu [13]

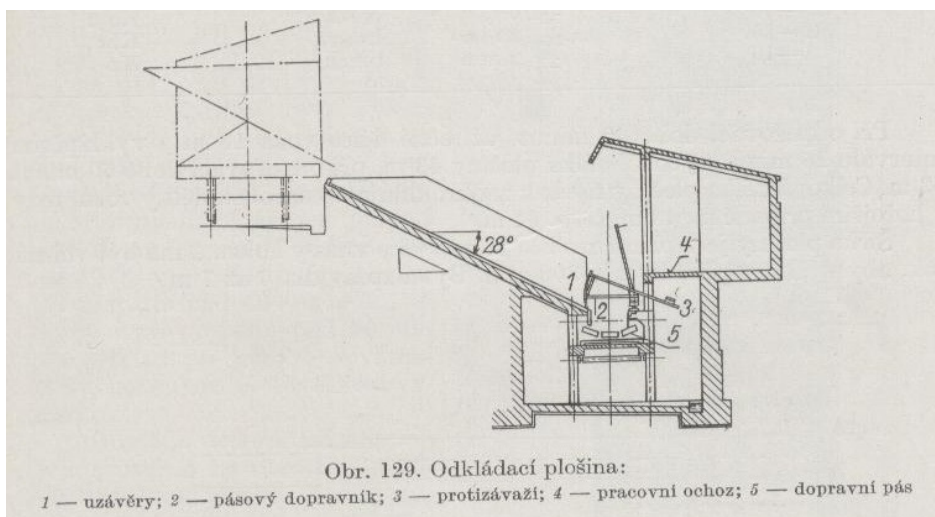
Zcela karbonizovaný koks se vytlačuje ven z koksovací komory pomocí pístu výtlačného stroje do kontejneru (obr. 4). Styk se vzdušným kyslíkem způsobuje, že se koks začne ihned žhavit. Kontejnerem může být koksový hasící vůz, který převezve horký koks do hasící věže. Zde se koks hasí přímo velkými objemy vody. Vodní frakce, která se neodpaří, se může zachycovat a použít pro příští dávku, tudíž se předchází emisím do odpadní vody. Jindy je koks vytlačen na šikmou plošinu, kde po zahašení se odveden dále otevřením závory na pásovou dopravu (viz obr. 6;7)



obr. 5 - Vytlačování koksu z pece [11]



obr. 6 – Hasicí vůz, hasicí věž a šikmá plošina se závory pásové dopravy [1]

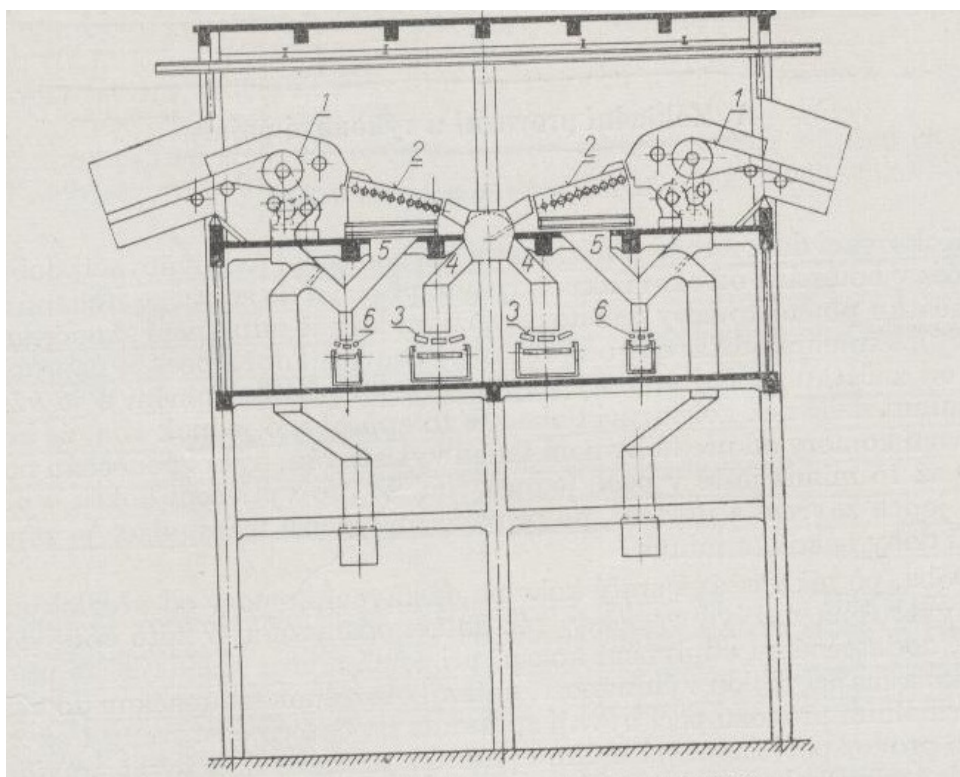


obr.7 – Odkládací šikmá plošina [1]

2.6 Manipulace s koksem a třídění

Po hašení se koks skladuje na zásobních skládkách, ze kterých se přepravuje dopravníky (s uzlovými překladišti) po silnici, železnici, nebo kombinací obou. Nakonec se koks drtí a třídí. Menší frakce (< 20 mm) se používají obvykle v aglomeračním procesu, větší frakce (20 - 70 mm) se vkládají do vysoké pece. Úkolem třídění je roztřídění vyrobeného koksu na obchodní, nebo smluvní druhy různých velikostí. Koks je tříděn dle ČSN 1420-1948 podle velikosti na obchodní druhy. Třídírny dělíme v zásadě na hrubé a jemné. V hrubé třídárně se dotřídňuje většinou na roštích z celkové výroby koksu vysokopecní koks, popřípadě slévarenský a kusový, který se bez uskladnění v zásobnících dopravuje pásem k vysokým pecím nebo nakládá do vagónů. Jemná třídárna zpracuje jen

propad těmito rošty. V hrubé třídírně se třídí zpravidla na válcových rošttech, které jsou pro tento účel vhodné. V jemné třídírně se třídí roštový propad na třídících různých systémů, vyložených sítí s průměrem otvorů odpovídajícím velikosti jednotlivých druhů drobného koksu.



obr. -8 Schématické znázornění hrubé třídírny [1]



obr. 9 – Tříděný koks v železničních vagónech [13]

3 Dopravní zařízení koksoven

V podstatě se jedná o dopravní a manipulační zařízení pro dopravu uhelné směsi. Uhlí ve formě jemnozrnné sypké hmoty se přivede z vagónů nebo automobilů na rošt podúrovňového zásobníku. Odtud se materiál vyhrabává pomocí vynášeče a dopravuje pásovou dopravou k dalšímu zpracování. Uhlí bývá často také volněloženo na venkovních skládkách. Koksozny tedy z většiny jsou obsluhovány pomocí pásových dopravníků.



obr.10 – Vykládka uhlí na rošt podúrovňového dopravníku [13]



obr.11 – Lopatkový vynášee [13]



obr. 12 – Pásová doprava koksozny [13]

K úplnosti popisu strojů přikládám krátce v této práci jinak známé základní vlastnosti jednotlivých dopravníků a zařízení pro manipulaci s materiálem.

3.1 *Doprava uhlí k pecím*

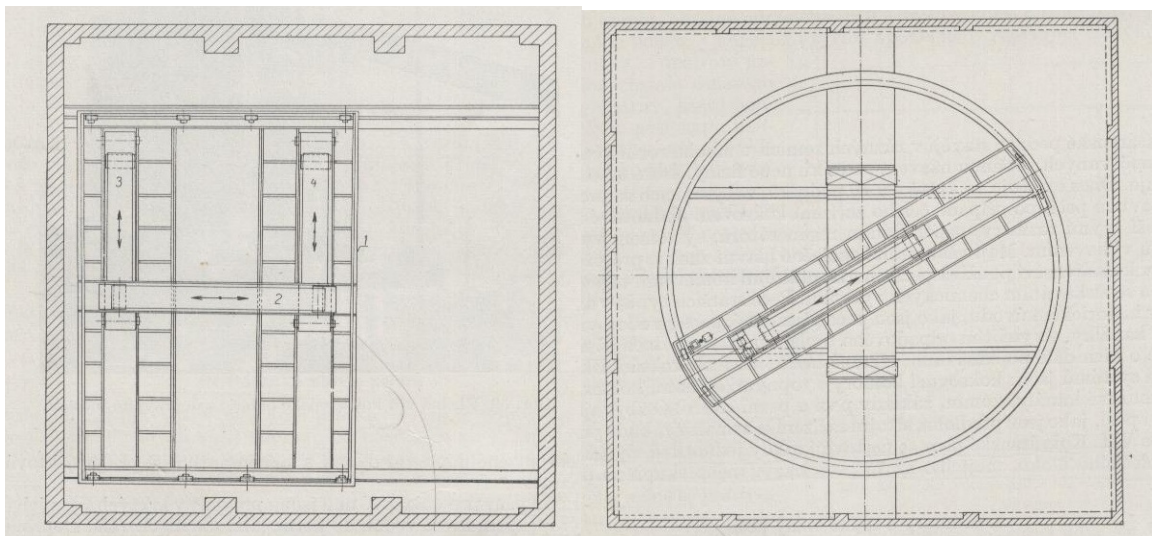
Směs uhlí připravená v míchárně pro koksování se dopravuje do zásobníků pecí, což jsou takzvané uhelné věže, dopravními pásy. Jen ve výjimečných případech se používá jiných způsobů dopravy, jako korečkových či šikmých výtahů. Stroj se skládá zpravidla z dlouhého rámu respektive nosné konstrukce stroje, na které jsou upevněny otočné válečky, které tvoří pevnou pojezdovou dráhu pro pohyblivý (pryžový, textilní, plastový) pás, po kterém se přepravuje příslušný materiál. Pásový dopravník může být konstruován jakožto zařízení určené pro přepravu ve vodorovné poloze (např. doprava sypkého materiálu, užívá se ponejvíce v povrchových dolech) nebo pro dopravu v poloze šikmé. Pohon pásu stroje obstarává obvykle asynchronní elektromotor přes poháněcí buben, na kterém je dopravní pás nasazen. Ve velkých povrchových dolech mohou složité soustavy velkých pásových dopravníků tvořit i celé dopravní cesty leckdy dlouhé i několik kilometrů. V dnešní době právě tento způsob dopravy postupně vytlačuje původní úzkorozchodné důlní železnice, neboť je z provozního hlediska podstatně ekonomičtější respektive mnohem méně nákladný. V klasických uhelných či rudných úpravárnách pak pásové dopravníky např. obstarávají přesun materiálu, resp. uhlí ze skládky k jednotlivým uhelným mlýnům či věžím.

Na koksovnách podle formy vrchních válečků, po nichž běží pás zatížený dopravovaným materiálem, jsou pásy formy korýtkové nebo ploché. Pro dopravu uhlí gumovými pásy se používá výlučně korýtkových pásů. Pro dopravu uhlí bývá rychlost od 0,75 do 1,5 m/s. Výkon v tunách mletého praného uhlí s 10% vlhkosti a sypné váhy asi 830 kg/m³ se udává v tabulce. U praného mletého uhlí je maximální sklon asi 25°. K dopravě do uhelných věží vysokých až 40 m je zapotřebí značné dopravní délky. Dopravní pásy jsou upraveny v krytých šikmých mostech v zimě vytápěním. Dopravuje-li se uhlí jedním pásem do více věží, jsou ve věžích přesypy a věže spojeny vodorovnými dopravními mosty.

3.2 *Odebírání uhlí z uhelných věží*

Při uskladňování uhlí ve věžích je důležité, aby nedocházelo k rozmíšení uhlí podle zrnitosti, což je nevíтанé jak pro soudržnost pčhovaného uhlí, tak pro jakost koksu. Aby k tomu nedocházelo, je nutno materiál jednak rovnoměrně rozdělovat po celém průřezu věže ve vrstvách. Stejnoseměrné odebírání uhlí ze spod zásobníku se děje tím, že se vypouští uhlí postupně ze všech řad výpustí. Odebírá-li se uhlí delší dobu jen z jedné řady,

dochází k tvorbě propustí a prohlubní v uhlí a tím k nahromadění hrubšího zrna v určitých místech. K zamezení této problematiky používáme způsob buďto křížových pásů nebo otočných pásů. U křížového pásu se uhlí syje na prostřední příčný pás, z něhož přechází buďto na podélný pás upevněný na konstrukci mostu. Pojízďením mostu, reverzováním a posouváním podélných pásů je možno sypat uhlí do libovolného místa. Je možno zaplnit i rohy zásobníku. Oproti tomu otočný pás se skládá z mostu, který se trvale otáčí po kolejnicích upravených do kruhu, a pouze z jednoho pásu, který má oboustranný chod. Pojíždí rovněž trvale z jednoho konce mostu na druhý.



obr. 13 – Systém křížových pásů [1]

obr. 14 – systém otočných pásů [1]

3.3 *Další používané dopravníky související s dopravovaným materiálem na koksovně*

3.3.1 Některé typy používaných dopravníků

Dalším dopravníkem se kterým se setkáváme při manipulaci s uhlím na koksovně je korečkový elevátor což může být také stroj konstruovaný jako zvláštní pásový nebo řetězový dopravník. Obsah zde do výšky vždy po šikmé dráze zdvihají korečky (korečkové kapsy) upevněné buďto přímo na pohyblivém pásu stroje nebo na hnacím řetězu stroje - používá se zejména pro dopravu sypkých hmot z vody např. při prohlubování říčních koryt či těžbě mokrého písku apod. (princip je dosti podobný klasickým korečkovým rypadlům používaným třeba při skrývce nadloží v povrchových dolech).

V určité malé míře se na koksovnách setkáváme i se šnekovými dopravníky. Koks

z důvodu své abrazivity a kusovitosti však není vhodné šnekovými dopravníky dopravovat. O těchto dopravnících se zde zmiňují jako zařízení sloužící k promíchání uhelné směsi.

3.3.2 Redlery a hřeblové dopravníky

Redlery a hřeblové dopravníky se používají spíše k jiným účelům než k dopravě koksu. Redlery a hlavně hřeblové dopravníky slouží převážně k dopravě uhlí v porubech. Tento způsob nevyžaduje tak značnou údržbu jako dopravníky pásové, je možno použít i pro materiály o vyšších teplotách a z hlediska problematiky této práce vidím jejich kladnou vlastnost tu, že je není třeba čistit, protože strhávají materiál a dopravují jej přímo ve vlastním žlabu dopravníku. Za účelem mého návrhu zde přikládám podrobnější rozbor těchto zařízení, jakožto zařízení vhodné k vyřešení dále zmíněné problematiky.

Hřeblový dopravník (nebo dopravník obdobné konstrukce s názvem redler) je dopravník, jehož vodícím prvkem je speciální žlab a tažným prvkem je řetězové pásma s hřebly, přičemž materiál se posouvá v horní větvi žlabu po tzv. kluznici. Dopravník je určen pro dopravu s max. úklonem $\pm 30^\circ$. Poháněcí stanice může být v příčném i podélném uspořádání a je koncepčně podobná poháněcím stanicím jiných řetězových dopravníků. Jelikož se v převážné většině používají v dolech, liší se značně od ostatních řetězových dopravníků výkonem elektromotorů. Používají se výhradně asynchronní elektromotory s kotvou nakrátko o výkonu až 315 kW (1000V), často ve spojení s hydrodynamickými rozběhovými spojkami. V poslední době se kromě klasických mechanických převodovek používají převodovky planetové. Vyznačují se vysokou účinností, minimální vůlí, tichým chodem a dosahují vysokých výstupních momentů.

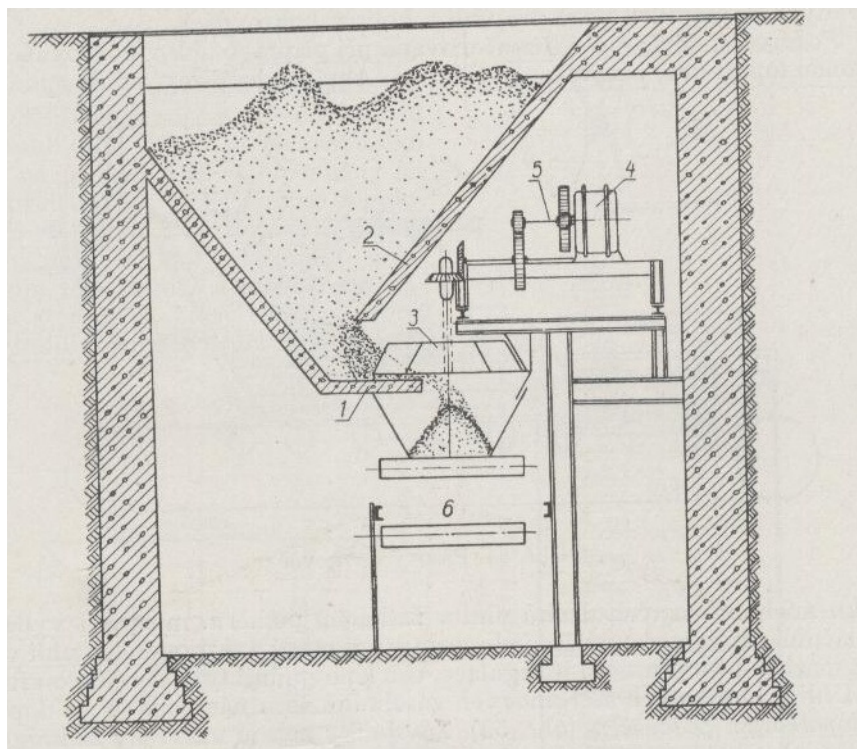
Na níže znázorněném obrázku si můžeme povšimnout dvojice elektromotorů a trojice nekonečných řetězů. Je totiž pravidlem, že pro pohon hřebel se používají jeden až dva nekonečné řetězy. Avšak požadavek na extrémní přepravní kapacitu lze v tomto případě splnit pouze užitím tří řetězů.

Jako příklad zde uvádím Hřeblový dopravník DH 701, který je určen pro obousměrnou dopravu rubaniny. Je řešen stavebnicovým způsobem. Pro tento typ dopravníku jsou použity pohony 4 x 160 kW s klasickými převodovkami. Na přání zákazníka může být pohon dopravníku realizován rovněž pomocí planetových převodovek řady 15 nebo 25. Trať dopravníku může být celkově svařována s uzavřenou nebo otevřenou spodní větví. Jednotlivé žlaby jsou mezi sebou spojeny činkami nebo vysokopevnostními šrouby s maticemi. Skladbu dopravníku a celkové uspořádání stroje si volí zákazníci dle důlně-geologických podmínek sami. Použití dopravníku v úklonu podmiňuje použití vhodného kotvení. Kotvení je určeno k zakotvení vratného konce hřeblového dopravníku.

3.4 Vynášení uhlí ze zásobníků na pás a dávkování

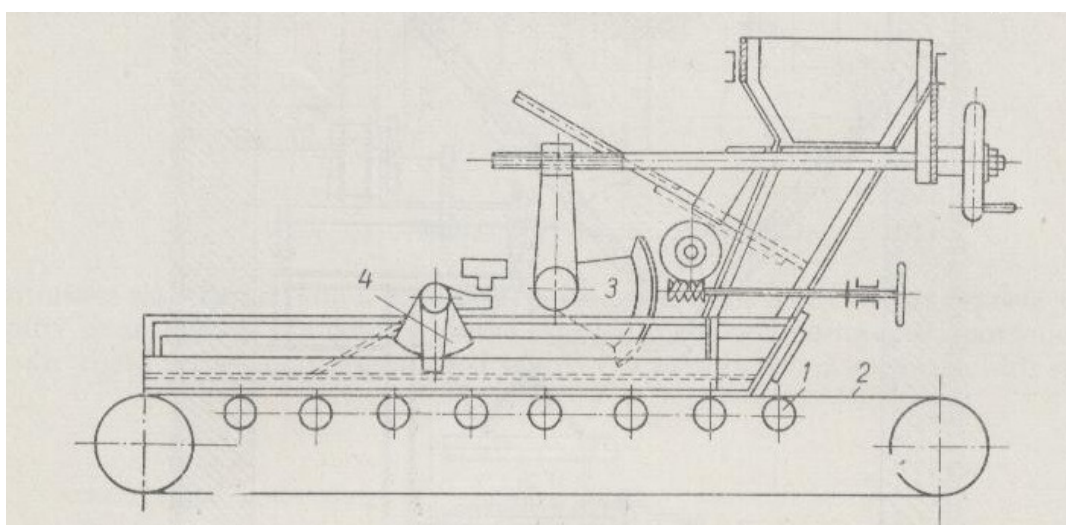
Rozumíme zde podáváče nebo dávkovače různého typu, jejichž účelem je usměrňovat proud uhlí ze zásobníku na míchací pás ve stejnoměrném a pokud možno přesném množství, jednak míchací zařízení, které homogenizuje směs různých druhů uhlí z míchacího pásu. Ke strojnímu vybavení mícháren patří i dopravní pásy pro uhlí, které se svou konstrukcí neliší od běžných dopravních pásů pro uhlí a koks v koksovárnách. Podávací a dávkovací zařízení užívaná při přípravě uhlí jsou většinou lopatková, pásová nebo talířová. Aby mechanismy mohly splnit podmínku míchání různých druhů uhlí v žádaném poměru, musí být vybaveny regulačním zařízením, umožňujícím nastavení množství proudícího uhlí v širokých mezích. Čím přesnější je regulace, tím lépe splňují tyto stroje svou funkci.

Uhlí z podúrovňových hlubinných štěrbinových zásobníků se podává na dopravní pás lopatkovým podavačem. Zásobníky nejsou uzavřeny žádným šoupátkem, obvyklým u jiných druhů zásobníku, nýbrž štěrbinou výšky asi 500 mm, probíhající po celé délce zásobníku. Uhlí se rozprostře na spodní desce pod přirozeným sypným úhlem a je vyhrabováno ze štěrbin lopatkovým kolem na dopravní pás. Lopatkové kolo je upevněno na svislém hřídeli a je poháněno převodovým ústrojím a motorem. Podavač je konstruován jako pojízdný vůz a pohybuje se rovněž mechanicky po kolejnicích. Může vyprazdňovat zásobník v libovolném místě.



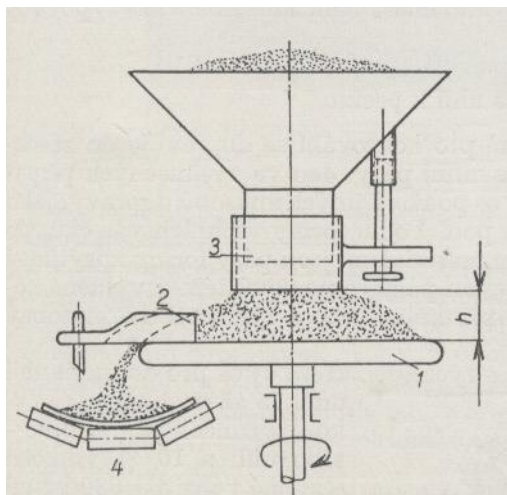
obr. 17 – Princip vyhrabování lopatkovým podavačem [1]

Pro dávkování mletého praného uhlí z takzvaných druhových zásobníků se u nás nejčastěji používá pásových dávkovačů. Je to plochý dopravní pás asi 2 m dlouhý, podložený v části, kde se dopravuje uhlí hustou řadou válečků. Na pás přichází uhlí ze zásobníku. Proud uhlí dopravovaného ze zásobníku se reguluje výškou uhelné vrstvy na pásu segmentovým šoupátkem, někdy též plochým šoupátkem řízeným ručně. Rychlost dávkovacího pásu je 0,1 až 0,35 m/s, výkon až 250 t/h. Poloha šoupátka pro určité množství uhlí se zjišťuje občasným cejchováním prováděným tak, že se na několik vteřin obrátí klapkou proud uhlí do vozíku, jehož obsah se váží.



obr. 18 – Pásový dávkovač [1]

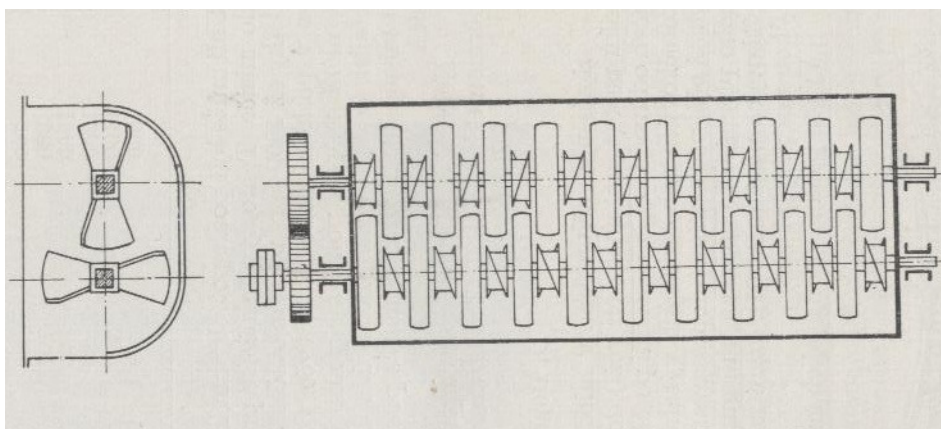
Pro menší výkon se používá dávkovačů talířových, užívaných u nás často v uhelných prádlech pro dávkování praného uhlí. Uhlí ze zásobníku přichází na otočný talíř, upevněný na svislém hřídeli a je z něho stíráno regulovatelným stěračem. Množství uhlí se řídí zvedáním nebo spouštěním teleskopu a příslušným nastavením stěrače.



obr. 19 – Talířový dávkovač [1]

3.5 Mísiče

Mísiče mají důkladně promísit jednotlivé druhy uhlí uložené na míchacím pásu obvykle ve vrstvách nad sebou. Mísiče bývají šnekové mající 2 řady křídel v podobě vrtule, jež se otáčejí proti sobě. Křídla promíchávají směs a zároveň ji dopravují z jednoho konce mísiče na druhý. Uhlí může být podle potřeby navlhčováno rozstřikováním vody při vstupu uhlí do mísiče.



obr. 20 – Šnekový mísič [1]

4 Dopravovaný materiál na koksovně a jeho úprava

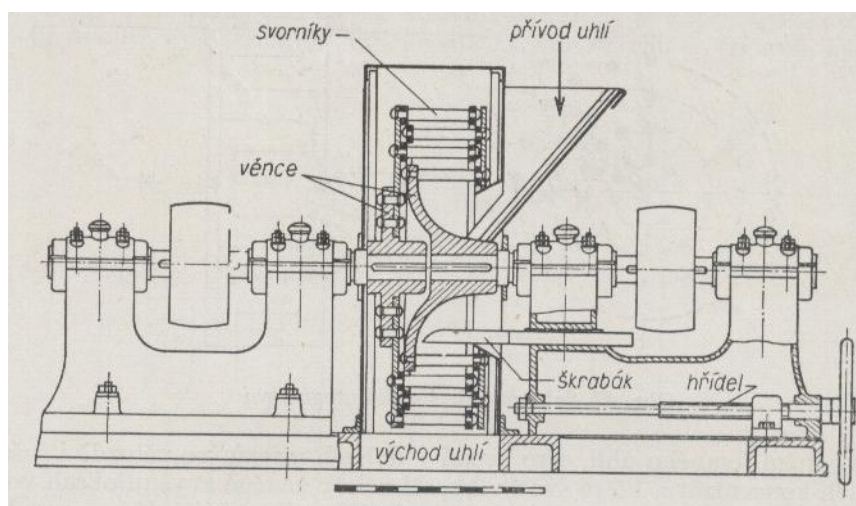
4.1 Koksárenské uhlí

Na dokonalosti uhelné úpravy závisí především obsah popela a vody v praném koksárenském uhlí, kromě toho také čistota a množství hlušin, které mají vliv na hospodárnost úpravy. Naše černá uhlí používaná pro výrobu koksu jsou v těženém stavu dosti nečistá a obsahují v průměru asi 2% popela. Obsah se musí snížit na 8,5 až 9 %. První manipulaci, která se ve většině případů provádí přímo na dolech je odlučování a přebírání kusoviny z těženého uhlí, to je kusů velikosti nad 80 mm a dosahující velikosti až 500 mm.

4.1.1 Zařízení pro mletí uhlí

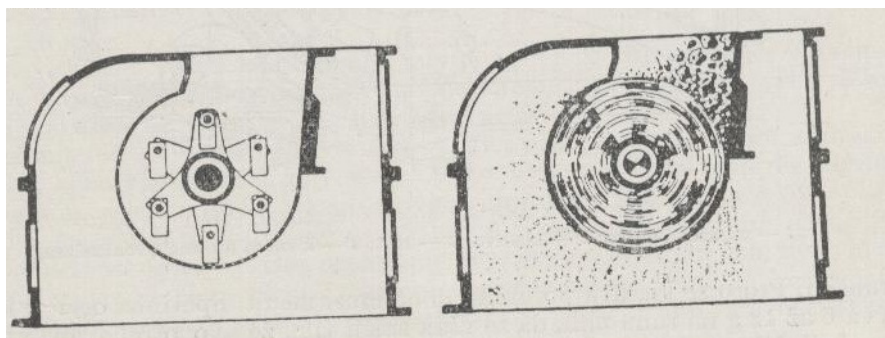
Pro mletí koksárenského uhlí se používá desintegrátorů, nebo kladivových mlýnů. Drtičů čelistových, válcových ostnatých apod. určených pro předdrcení kusového uhlí se používá výjimečně. Prané uhlí jenž se obvykle používá u našich koksoven je dodáváno do velikosti zrn 80 mm. Před mletím se tedy nevyžaduje předdrcení.

Desintegrátor se skládá ze dvou soustav věnců, z nichž každý je připevněn k hřídeli uloženém v ložiskách a skládá se ze dvou až tří řad ocelových svorníků kulatých nebo hranatých, zanýťovaných do ocelových disků. Podle počtu řad svorníků jsou desintegrátory čtyřřadové nebo šestiřadové, výjimečně třířadové. Oba věnce se otáčejí proti sobě. Uhlí se drtí úderem o svorníky a vzájemným nárazem kousků uhlí o sebe. Uhlí přicházející do středu desintegrátoru je nárazem na první řadu svorníků vymrštěno odstředivou silou, při čemž narazí na druhou řadu svorníku otáčejících se proti sobě. Tento pochod se opakuje, až uhlí projde poslední řadou a opustí výsypkou desintegrátor. Jemnost mletí závisí při stejné velikosti, tvrdosti a vlhkosti uhlí na otáčkách věnců a počtu svorníků. Při zvyšování otáček je stupeň mletí vyšší, vzrůstá však spotřeba energie. Desintegrátory jsou schopny mlít uhlí velikosti do 80 mm na jemnost 83 až 93% pod 3 mm. Výhodou desintegrátoru protikladivovým mlýnům je menší citlivost proti vlhčímu uhlí. Působí dobré promísení směsi. Nevýhodou je poměrně velká spotřeba energie a to, že je stupeň mletí možno regulovat jen změnou počtu otáček nebo zvýšením počtu svorníků a také citlivost proti železným předmětům v uhlí, čímž se desintegrátor může poškodit.



obr. 21 – Řez desintegrátorem [1]

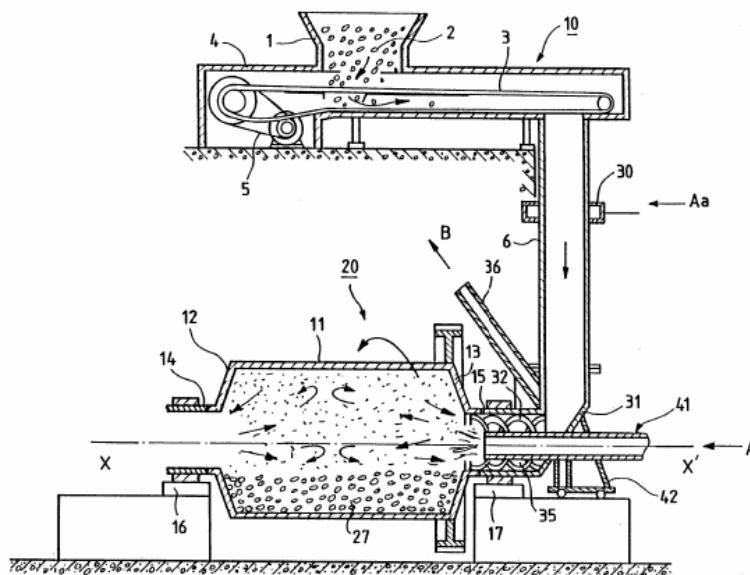
Kladivové mlýny jsou novější stroje, které se vyznačují velkým výkonem, menší spotřebou energie, jemným mletím, lepší regulační schopností zrnitosti mletého materiálu, jakož i snadnou výměnou opotřebovaných součástí. Kladivový mlýn se skládá z rotoru, na němž jsou v čepech volně uložena kladiva, která se při otáčení odstředivou silou roztáhnou tak, že se téměř dotýkají vyložení, skládajícího se z pevně uložených a tlustých děrovaných plechů nebo roštů. Na hřídeli rotoru je nasazeno několik nábojů vedle sebe. Každý z nich má několik kladiv. Uhlí se vpouští do mlýna vrchním otvorem a je rozmělněno jednak nárazem na síta nebo rošty. Výkon závisí na průměru rotoru, jeho délce a počtu otáček. Otvory v sítích nebo roštích jsou vždy větší, než má být největší zrno mletého materiálu. Jejich velikost závisí na počtu otáček. Opotřebením kladiv roste postupně mezera mezi kladivy a roštem, čímž se mleté uhlí stává hrubším. Kladiva se po určité době musí měnit.



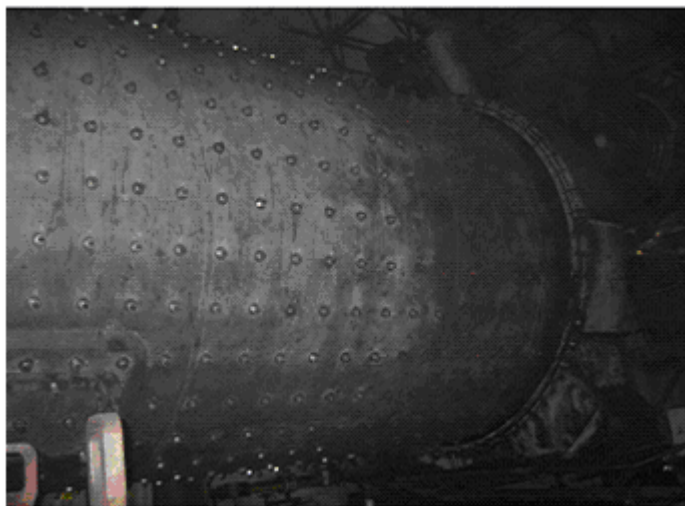
obr. 22– Princip funkce kladivového mlýna [1]

Speciálním typem mlýnu, který také používáme pro mletí uhlí je kulový mlýn. Kulový mlýn je mlýn, který rozmělnjuje mletý materiál pomocí koulí z tvrdého materiálu,

nejčastěji ušlechtilé oceli. Skládá se z komory (obvykle ve tvaru válce), v níž je umístěn drcený materiál spolu s koulemi. Válec se pohybuje a přesypávající se koule postupně drtí materiál, v němž jsou vloženy. Kulové mlýny umožňují velice jemné semletí i relativně tvrdých materiálů. Kulový mlýn rozemílacího systému zahrnuje otočný buben (11, 12, 13)(viz. obr. 23.) s horizontální osou, jehož oba konce jsou uložené prostřednictvím ložiskových čepů (14, 15), kterými je buben zakončený, a skrze které axiálně prochází vstřikovací trubice (41), kolem které je prostřednictvím příslušného ložiskového čepu vymezený prstencovitý kanál (35); vertikálně uspořádané přívodní potrubí (6), které se vyprazdňuje v blízkosti ložiskového čepu na úrovni naváděcího členu (31) pro usměrňované vedení materiálu určeného k rozemílání z tohoto potrubí směrem k a do bubnu; a výstupní kanál (36), uspořádaný ve vzájemném spojení s prstencovitým kanálem (35), pro vynášení směsi tvořené plynem a rozemletým práškovým materiálem ven z bubnu. V každém ložiskovém čepu je upravená tuhá šroubovitá struktura (32) na bázi Archimédovy spirály, která je k němu připevněná, a která se při otáčení bubnu otáčí společně s tímto ložiskovým čepem kolem trubice, kterou je tuhá vstřikovací trubice (41) pro přivádění plynu. Typickým využitím kulových mlýnů je mletí slinku při výrobě cementu, nebo některých rud.



obr. 23 – Princip funkce kulového mlýna [18]



obr. 24 – Buben kulového mlýna [13]

4.2 Koks

Koks z uhlí je šedý, tvrdý a pórovitý a má výhřevnost 29,6 MJ/kg. Petrolejový koks je pevný zbytek získaný rafinací ropy, obsahuje ale příliš mnoho nečistot na to, aby mohl být využíván v metalurgických aplikacích. Jako palivo pro vytápění a výrobu teplé užitkové vody je koks povolen jako jediné tuhé palivo i v centrech měst, protože jeho spálením vzniká prakticky pouze CO_2 a proti jiným tuhým palivům má relativně nízkou prašnost.

5 Popis firmy z hlediska historie a současného stavu

5.1 Třinecké železářny

Třinecké železářny byly založeny již v roce 1839. Na současné výrobě oceli v ČR se podílejí více než jednou třetinou. Moravia Steel je jednou z největších českých obchodních společností, která je zároveň majoritním vlastníkem TŽ. Třinecké železářny (německy Trzynietzer Eisenwerk, polsky Huta trzyniecka), na Těšínsku známé též jako Werk, jsou významným českým výrobcem ocelových dlouhých válcovaných výrobků a dlouhodobě jedním z největších průmyslových podniků na severovýchodě Českého Slezska. V současné době jsou provozovány společností TŘINECKÉ ŽELEZÁŘNY, a. s. Dnešní město Třinec bylo původně zemědělskou obcí ve vlastnictví Těšínské komory,

kteřá spravovala majetek arcivévody Karla Habsburského ve východní části Rakouského Slezska. V letech 1836 až 1839 zde byla vystavěna dřevouhelná pec na výrobu železa. Důvodem výstavby byla nevelká úrodnost místní půdy, odbyt dřeva z blízkého Jablunkovska (na počátku 19. století bylo zpřístupněno k těžbě dřeva dosud nedotčené údolí Lomné), existence vodního zdroje (Třincem protékající řeky Olše, kterou bylo možné použít jako zdroj energie a jako vodní cestu pro dopravu dřeva), četná naleziště železné rudy a vápence v okolí a dostatek místních pracovních sil. Místní rudy měly nízký obsah manganu a hodily se tak výborně ke slévání. Proto byla již v roce 1842 v návaznosti na vysokou pec postavena slévárna. V roce 1845 byla postavena též smaltovna. Rozhodující význam pro další rozvoj železáren i Třince samotného měla výstavba Košicko-bohumínské dráhy, dovedené do Třince roku 1871. Železárny tak byly spojeny s novými ložisky rud v Horních Uhrách a ložisky uhlí z ostravsko-karvinských dolů. V roce 1906 Těšínská komora železáren prodala nově vzniklé Rakouské báňské a hutní společnosti (Österreichische Berg- und Hüttenwerkgesellschaft) ve Vídni. Železárny byly dále modernizovány a válcovny byly jako první na světě elektrifikovány.

Po skončení první světové války Rakousko-Uhersko zaniklo. Na oblast Těšínska, včetně Třince, si činilo nároky jak Československo, tak Polsko. Na počátku sporu obou nově vzniklých států oblast obsadilo Polsko, v Sedmidenní válce pak Československo. Velvyslanecká konference ve Spa rozhodla o příslušnosti této části Těšínska k Československu.

V rámci kapitálově silné Báňské a hutní společnosti znamenala 20. léta 20. století pro železárny velké investice a rozvoj. Staly se největším podnikem v československé části Těšínska, zaměstnávaly téměř 6 000 lidí a patřily mezi nejmodernější a nejlépe vybavené železářské podniky ve střední Evropě.

Po mnichovském diktátu v roce 1938 Polsko na základě ultimáta vojensky obsadilo a anektovalo východní část československého Těšínska, včetně Třince. Na základě dekretu prezidenta Polské republiky vznikla společnost Spółka Górnicza i Hutnicza Karwina-Trzynieć, Spółka akcyjna, Cieszyn, se sídlem v Těšíně, a Třinecké železárny se staly jejím majetkem. Po porážce Polska na začátku druhé světové války Těšínsko obsadili Němci. Polská společnost byla přejmenována na Berg- und Hüttenwerkgesellschaft Karwin-Trzynietz, Aktiengesellschaft a byl na ni převeden i zbývající majetek Báňské a hutní společnosti na Těšínsku.



obr. 25 – Práce v TŽ [19]

Po druhé světové válce se obnovil předválečný stav. Na Báňskou a hutní společnost byla uvalena národní správa a následně byla znárodněna pod názvem Báňská a hutní společnost, národní podnik. V roce 1958 železárny dosáhly trojnásobku největší předválečné produkce a byly největším výrobcem železa, oceli a válcovaného zboží v Československu. Objem produkce vyvrcholil v 80. letech 20. století. V této době byly do provozu zaváděny i moderní hutní technologie, například byla vybudována kyslíková konvertorová ocelárna s následným blokovým a později i sochorovým kontinuálním odléváním.

V roce 1991 byly železárny v rámci privatizace převedeny na společnost TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY, a. s. Zakladatelem a jediným akcionářem této společnosti byl Fond národního majetku. V letech 1994 až 1996 Fond národního majetku svou majetkovou účast postupně snižoval a od roku 1996 je většinovým akcionářem této společnosti MORAVIA STEEL a. s. Třinecké železárny jsou tak součástí skupiny TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY/MORAVIA STEEL.

Třinecké železárny jsou dnes hutním podnikem, který má uzavřený hutní výrobní cyklus. Hlavním výrobním programem je výroba dlouhých válcovaných trubek. Zůstávají jedním z nejvýznamnějších průmyslových podniků na severovýchodě Českého Slezska a nejvýznamnějším producentem ocelových dlouhých válcovaných výrobků v Česku.



obr. 26 – Letecký snímek třineckých železáren [22]

5.2 *Koksovna v Třinci*

Výroba koksu má v TŽ dlouholetou tradici. První koks byl v železárnách vyroben v roce 1873. Technologie výroby koksu zaznamenala během doby řadu změn. Dnešní koksochemický provoz odpovídá požadavkům moderní technologie a zároveň splňuje přísná ekologická hlediska, která jsou s výrobou koksu spojena.

Dvě koksárenské baterie o roční kapacitě 700 tis. tun koksu pracují pýchovaným provozem s rychlopěchy. Uhlí pro výrobu vysokopecního koksu je dopravováno po železnici z nedalekého černouhelného Ostravsko-karvinského revíru.

Koksárenské baterie jsou vybaveny zařízením pro mokré hašení koksu. Koksárenský plyn je odsířen a dodáván do plynové sítě TŽ. Meziproduktem z odsíření koksárenského plynu je kyselina sírová, která je zpětně používána v procesu odčerpávání koksárenského plynu. Doprovodnými výrobky, které vznikají při výrobě koksu, jsou dehet, benzol a síran amonný. Koksovna je vybavena suškou s rotujícím bubnem pro sušení koksu používaného jako nahličovadlo pro ocelárny. Odpadní fenolčpavkové vody z koksozny jsou dočišťovány na biologické čističce společně s odpadními vodami města.

Uhelná služba:

- průměrný výkon vykládací jámy 400 t/h
- kapacita krytých skládek uhlí $12 \times 3\,000$ t
- 7 kladivových mlýnů s průměrným výkonem

cca 50 t/hod./mlýn

- sušicí linka koksu cca 3 t/h

Koksárenské baterie:

- dvě koksárenské baterie KB 11; KB 12
- rok generální opravy KB 11–1992, KB 12–1995
- počet komor v každé baterii 72
- rozměr 1 komory $442 \times 3\,645 \times 12\,350$ mm
- roční výroba koksu na 1 koks. baterii 350 kt

Chemická část koksovný:

- množství koksárenského plynu $36\,000\text{ m}^3/\text{h}$
- dehet 34 kt/rok
- benzol 8 kt/rok

5.3 Popis problému

Během práce na třinecké koksovně se zaměstnanci setkávají s řadou pracovních činností. Hlavní pracovní činností pro odstranění nežádoucího materiálu na ochozu je odsun nasypaného uhlí, které se zde usadí při každém osazování komory uhelnou vsázkou. Z hlediska technologie sázení tento problém nelze odstranit, protože pod dveřmi sázecí strany komory se zcela přirozeně určitá množství uhlí ze vsázky uvolňují a po osazení tak vznikne uhelná hromádka. Situace se řeší po každém osazení vysypáním hromádky do elevátoru, který je umístěn na sázecím stroji. Během práce při baterii jsem však došel k závěru, že velká část uhlí se nahromadí přímo na sázecím stroji a to z důvodu funkce škrabky, která každou vsázku při sázení zarovnává shora. Seškrabávaná vrstva se hromadí na ochozech sázecího stroje. Tento materiál také zaměstnanci nasypávají do zmíněného elevátoru, nebo jej vrací do pěchovací komory. Rozhodl jsem se vyřešit předběžně i tento problém.

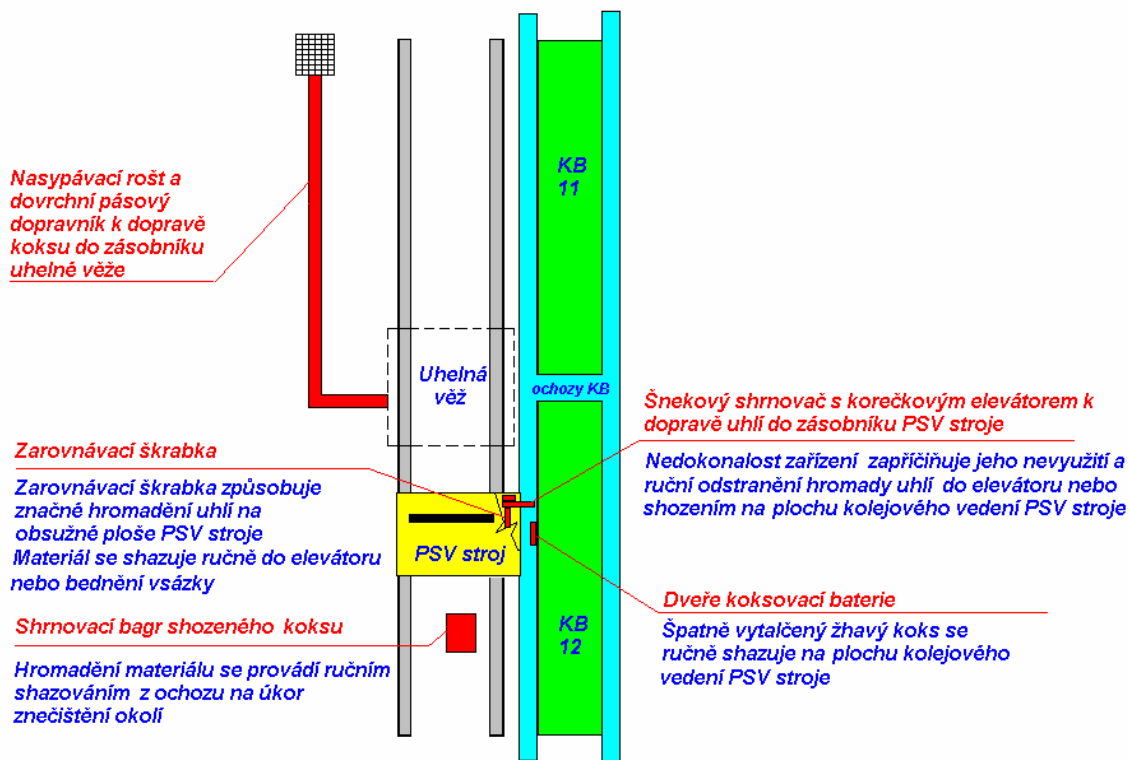
Mezi odstraňování materiálu z ochozu patří také rychlé řešení situace, kdy žhavý koks při vytlačování z baterie se dostane za výtláčný trn a poté je vysypán na nežádoucí straně baterie. Tato situace nastává ojediněle s tím že se jedná případ od případu o různé množství žhavého koksu. Po zasunutí výtláčného trnu do výchozí polohy zaměstnanci odstraňují žhavý koks a vrhají ho na plochu pod sázecím strojem mezi zdvojenými kolejnici stroje. Pokud je žhavého koksu takové množství, že se k němu již nejde snadno přiblížit, používají zaměstnanci chladící vodu z hadice na sázecím stroji ke snížení teploty koksu. Po nahromadění koksu na ploše pod sázecím strojem se pomocí bagru odváží dále k přízemnímu roštu násypky pásového dopravníku. Pásový dopravník dopraví směs materiálu do zásobníku úhelné věže a odtud směs postupuje stejnou cestou ke zpracování v peci. Při těchto činnostech se směs koksu a uhlí roznáší po volném prostranství pod koksovnou a pracovní prostředí se znečišťuje.

Tato diplomová práce se tedy zaměří na návrh řešení dvou problémů a to je:

- Odstranění nahromaděného uhlí a případného žhavého koksu na ochozu sázecí strany baterie
- Odstranění materiálu odpadajícího ze škrabky zarovnávací uhlíkovou vsádkou

6 Návrh variant dopravních zařízení pro odvod nežádoucího materiálu na ochozu

6.1 Schéma současného řešení situace



obr. 27 – Schéma současného stavu řešení problematiky

6.2 Manipulační prostředky, které je možno použít pro tento účel

Pásový dopravník:

Výhody z hlediska dispozice baterie:

- Snadná konstrukce, velká výkonnost
- Relativně nízké provozní náklady a náklady na pořízení
- Nejčastěji používán pro dopravu studeného koksu a uhlí

Nevýhody z hlediska dispozice baterie:

- Tento dopravník z důvodu své výšky nelze zabudovat do ochozu, po úpravách prostoru pod ochozem by se dal zabudovat v blízkosti pod konstrukci nesoucí plochu ochozu s použitím skluzů.
- Neschopnost dopravovat žhavý materiál. Použití je možné pouze pokud by se materiál předem zchladil nebo ponechal zchladnout, anebo bychom se pokusili jej zadržet..

- Po uzavření dopravníku do žlabu, neschopnost čistit prostor pod dopravníkem, což je nutnost zachovat otevřený prostor v okolí dopravníku a to způsobuje prašnost a znečištění v okolí dopravníku pokud materiál při nasypávání není řádně chráněn před odpadem. V tomto případě se materiál nasypává přerušovaně po celé délce dopravníku. Toto by šlo vyřešit vhodným uspořádáním bočnic po celé délce dopravníku a ponecháním přístupnosti k dopravníku v prostoru pod ochozem.

Článekový dopravník:

Výhody z hlediska dispozice baterie:

- -Schopnost dopravovat žhavé materiály
- -Velký dopravní výkon

Nevýhody z hlediska dispozice baterie:

- Z důvodu své výšky nelze zabudovat do ochozu. Po úpravě prostou pod ochozem ho lze zabudovat pod konstrukci plochy ochozu.
- Vyšší náklady na pořízení
- Materiál je velmi žhavý. Materiál by bylo nutné chladit nebo ponechat zchladnout či jej zadržet i přesto, že článekový dopravník je schopen dopravit horké materiály do určitých mezí.
- Rovněž vyžaduje přístup pro údržbu dopravníku jako pásový dopravník.

Hřeblový dopravník nebo redler:

Výhody z hlediska dispozice baterie:

- Svými rozměry a výškou ho lze zabudovat do plochy ochozu nebo pod konstrukci plochy ochozu.
- Nevyžaduje okolní přístup než pouze shora, kde je materiál nasypáván.
- Schopnost dopravovat veškerý materiál ve žlabu; zpracovává, kolik materiálu je schopen dopravit.
- Schopnost dopravovat i malá množství žhavých materiálů.
- Relativně nízké náklady na pořízení

Nevýhody z hlediska dispozice baterie:

- Neschopnost dopravovat velká stálá množství žhavých materiálů z důvodu změny délky řetězů. Pro tento případ malého dopravního množství jej můžeme použít.
 - Vyšší energetické náklady při velkých množstvích dopravovaného materiálu
- Nutnost zkvalitnění materiálu dopravníku pro abrazivní materiály.

Šnekový dopravník:

Výhody z hlediska dispozice baterie:

- Nejmenší rozměry a možnost zabudování do ochozu
- Schopnost práce ve žlabu

Nevýhody z hlediska dispozice baterie:

- Špatné zkušenosti zaměstnanců s použitím šneků pro dopravu uhlí, nespolehlivost, opotřebení ložisek a žlabu.
- Nevhodnost pro žhavé materiály. Nutnost zadržení materiálu či jeho ochlazení.
- Délková omezenost. Mohli bychom uvažovat s dopravou v úsecích se skluzu.

Doprava v plynulých dávkách - použití dopravníku s vozíky:

Výhody z hlediska dispozice baterie:

- Schopnost dopravit žhavý materiál

Nevýhody z hlediska dispozice baterie:

- Velké rozměry, nároky na prostor
- Velké konstrukční rozměry a nároky na prostor pod konstrukci ochozu

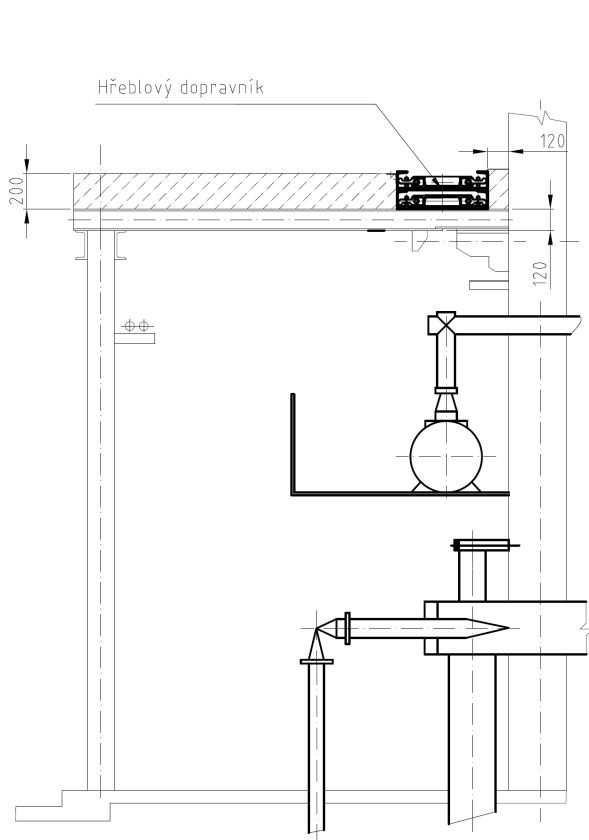
6.3 Volba manipulačního prostředku a její důvody

Pro odvod uhlí z ochozu navrhuji použití hřeblového dopravníku. Dopravníky budou 2 protože chceme obsluhovat 2 koksovací baterie. Na konci dopravníků bude materiál shazován do kontejneru (nebo kontejneru výtahu). Stejný systém je možno použít i na výtlačné straně baterie, kde rovněž dochází k hromadění materiálu, zde se jedná již pouze o koks, zde by se mohlo použít rovněž 2 dopravníky, podle rozhodnutí vedení koksovny. Tato práce se zabývá pouze návrhem dopravníků na sázecí straně. Kontejner bude obsluhován vozidly a jeho obsah bude odvážen k roštu dovrchního pásového dopravníku, jenž dopravuje materiál do uhelné věže. Tímto materiál bude putovat opět k přechování a osazování pecí.

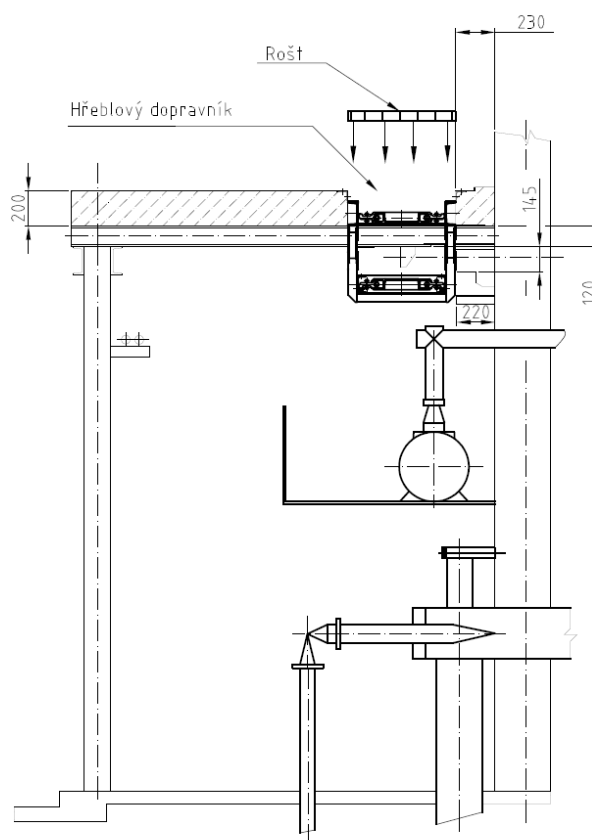
Tento systém volím z důvodu nejmenší požadované údržby. Hřeblový dopravník strhává materiál ze žlabu, není třeba čistit okolí dopravníku, protože dopravník sám odvádí materiál. Systém odvede i materiál v případě mimořádné situace jako je ulomení části vsázky. Hřeblový dopravník zabere málo prostoru a je možno jej podle konstrukce větví rozdělit a umístit do prostoru pod ochozem, aniž bychom kladli nároky na obslužný prostor v okolí dopravníku, kterého je zde nedostatek. Hřeblový dopravník je použit také

z toho důvodu, že snese případný horký materiál. S použitím gravitačního napínání jej můžeme použít i na výtlačnou stranu. Dopravník bude uváděn do chodu po nasypání určitého množství uhlí a případného koksu. PSV stroj zahrnuje přísun užitkové vody, kterou bude možno zahasit i případný žhavý koks. Pokud se nad dopravníkem bude pohybovat vysokozdvizný vozík, nebo pokud bude v nepřetržitém chodu, navrhuji jeho vybavení ochranným roštem,. V praxi se více osvědčilo použití dopravníku bez ochranného roštu, kde je minimální obsluha při přivádění materiálu na dopravník a spouštění stroje se provádí po delších prodlevách.

6.4 Schémata možností konstrukčních uspořádání voleného zařízení, volba a důvody



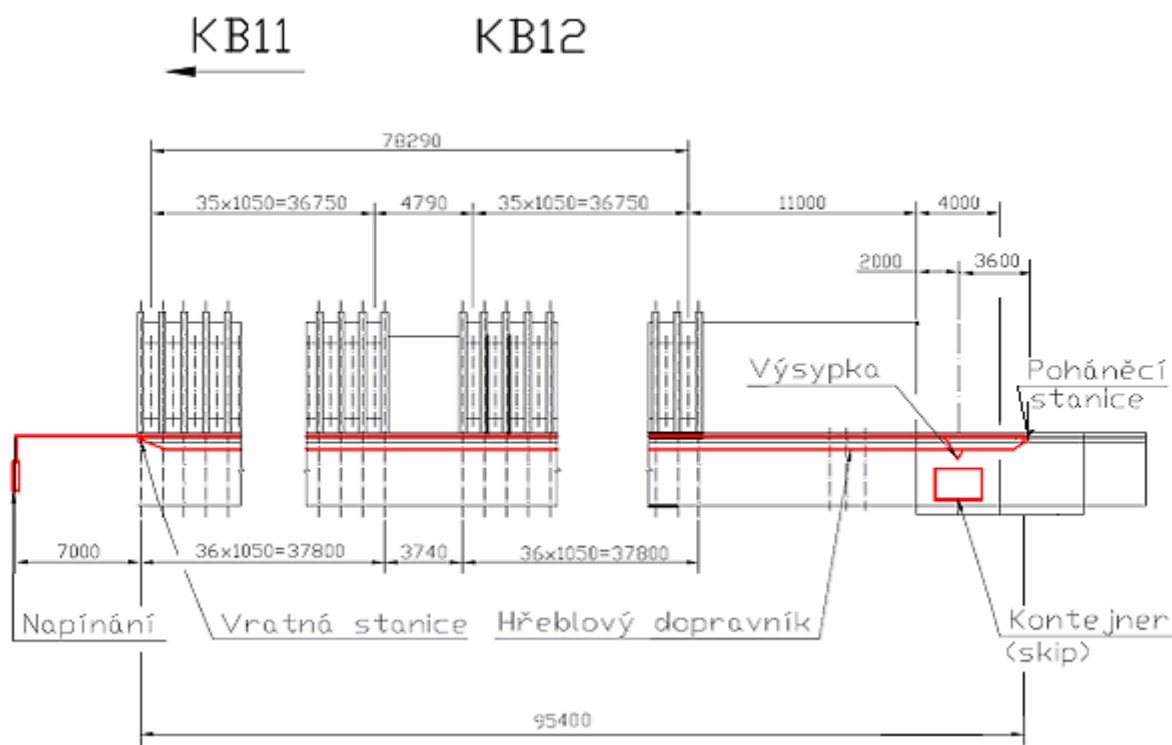
obr. 28 – Klasické uspořádání



obr. 29 – Dělené větve

Volím variantu podle obr. 29, kdy je horní větev dopravníku umístěna nad konstrukcí ochozu, zapuštěna do vybrání. Spodní větev je umístěná pod konstrukcí ochozu a pracuje v uzavřeném žlabu. Vzniká také prostor, kde se dá v případě požadavku umístit rošt. Tuto variantu volím z toho důvodu, že nad horní větví vzniká výhodná výška h_1 pro zvýšení

dopravního průřezu a zabránění vypadávání materiálu z dopravníku. Na koksovnách, kde je tento dopravník instalován, se setkáváme s nedostatkem výšky h_1 při použití roštu, tedy ve variantě podle obr. 1. by nevznikala téměř žádná výška h_1 . Pokud celý dopravník umístíme pod konstrukci, nastane nedostatek prostoru pro montáž a jeho hluboké zapuštění. Zvolená varianta je optimální a jednoduchá z hlediska úpravy ochozu. Dá se přizpůsobit bezpečnosti.



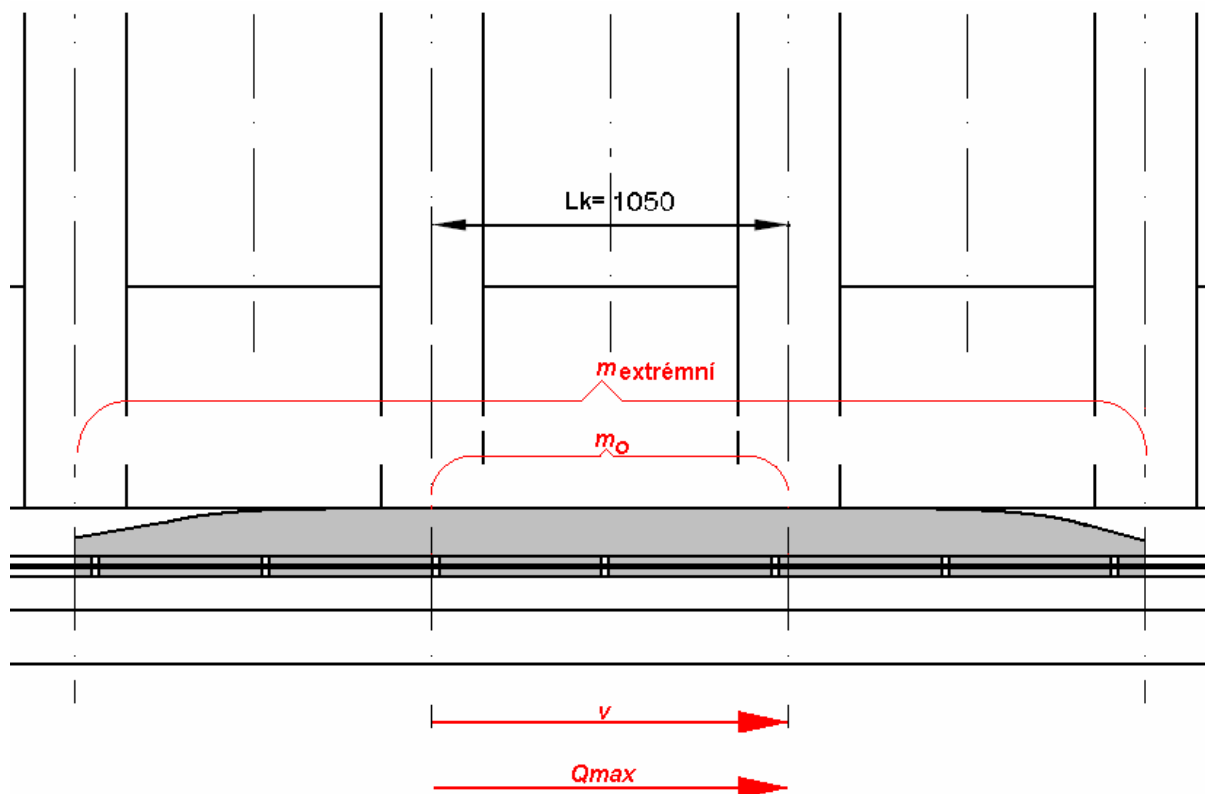
obr. 30 – Rozměrové schéma návrhu

6.5 Výpočet hřeblového dopravníku

6.5.1 Návrh rychlosti a dopravního množství

Počítám s tím, že při jednom obsazování komory se může z pece vysypat odpadový materiál o běžné hmotnosti $m_o = 40[kg]$, za který považuji uhlí. Na toto množství bude navržen dopravní výkon Q_{max} a dopravní průřezová plocha S_1 k obslužení násypové délky jedné komory. Při práci může dojít k extrémům jako je nasypání materiálu o vyšší hmotnosti, což může být způsobeno ulomením části vsázky. Toto množství se pak rozloží na delší úsek hřeblového pásma. Lze toho dosáhnout díky tomu, že se komory neobsluhují ve svém pořadí, čímž vznikají okolní prázdné úseky pásma a Q_{max} zůstane stejný. Uhlí se

vysypává pravidelně při každém obsazování pece, koks se vysypává ojediněle podle stavu pece. Vnější a vnitřní tření koksu bylo v LSH naměřeno menší než tyto veličiny pro uhlí, proto za dopravovaný materiál považuji uhlí. Předpokládám možnost přístupu horkého materiálu a nutnost správné volby napínání. Předpokládám, že se dopravník bude spouštět po 2 hodinách práce po dobu 10 minut, nebo po nasypání extrémního množství materiálu na ochoz.



obr. 31 – Dimenzování dopravního množství Q_{max}

Celková délka dopravního úseku:

$$L_v = 95,4[m]$$

Zvolena doba činnosti dopravníku k odstranění materiálu po délce L_v :

$$t_p = 300[s]$$

Zvolena doba činnosti dopravníku k projetí délky L_v na prázdkno:

$$t_{p2} = 300[s]$$

Celková doba chodu dopravníku:

$$\begin{aligned} t_c &= t_p + t_{p2} \\ t_c &= 300 + 300 \\ t_c &= 600 [s] \end{aligned} \quad (6.1)$$

Rychlost řetězu:

$$\begin{aligned} v &= \frac{L_v}{t_p} \\ v &= \frac{95,4}{300} \\ v &= 0,318 [m \cdot s^{-1}] \end{aligned} \quad (6.2)$$

Šířka komory (délka násypové plochy):

$$L_k = 1,05 [m]$$

Hmotnost odpadového materiálu vsázky jedné komory:

$$m_o = 40 [kg]$$

Doba shrnutí materiálu z násypové plochy jedné komory:

$$\begin{aligned} t_{sm} &= \frac{L_k}{v} \\ t_{sm} &= \frac{1,05}{0,318} \\ t_{sm} &= 3,302 [s] \end{aligned} \quad (6.3)$$

Dopravní výkon:

$$\begin{aligned} Q_{\max} &= \frac{m_o}{t_{sm}} \cdot 3,6 \\ Q_{\max} &= \frac{40}{3,302} \cdot 3,6 \\ Q_{\max} &= 43,7 [t \cdot h^{-1}] \end{aligned} \quad [3](6.4)$$

6.5.2 Výkon poháněcí stanice

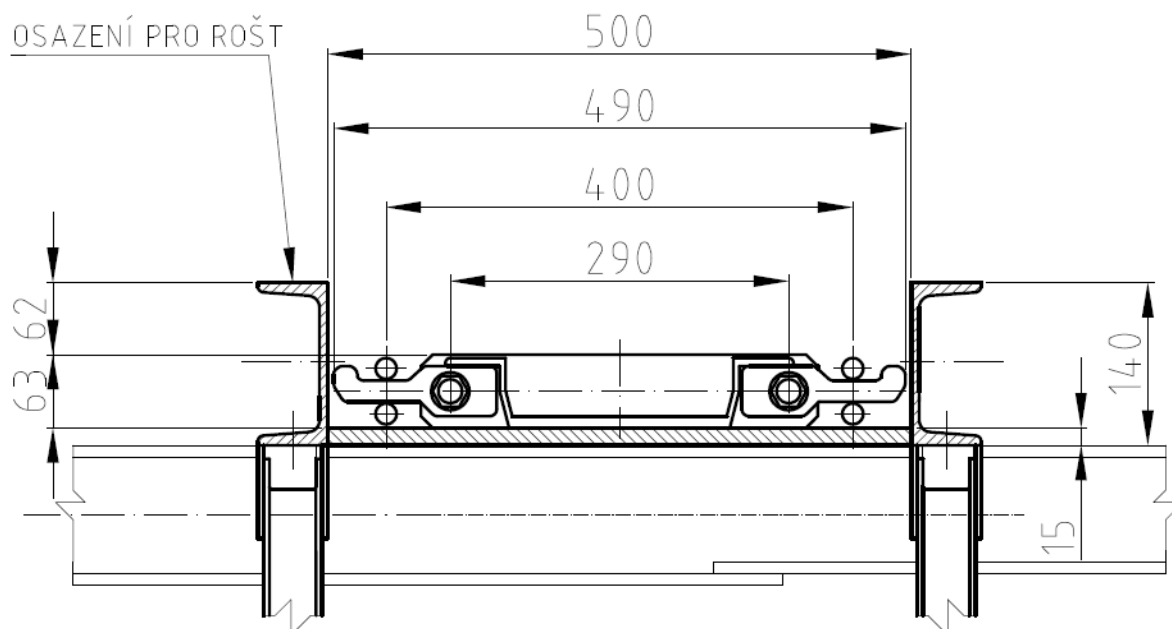
Laboratorně změřené hodnoty dopravovaného materiálu:

Efektivní úhel vnitřního tření uhlí	Úhel vnějšího tření (uhlí – nerez)	Sypná hmotnost uhlí
$\varphi_e = 46,6 [^\circ]$	$\varphi_w = 19,3 [^\circ]$	$\rho_s = 800 [kg \cdot m^{-3}]$

Zvolené díly:

Součást	Výrobce	Označení	Webová adresa	Příloha
Hřeblo	<i>THIELE GmbH & Co. KG</i>	F24050	www.thiele.de	Příloha č. 1
Řetěz	<i>THIELE GmbH & Co. KG</i>	F13206	www.thiele.de	Příloha č. 2
Třmen	<i>THIELE GmbH & Co. KG</i>	F25080	www.thiele.de	Příloha č. 3

Zvoleny jsou díly o stupeň vyšších rozměrových parametrů, než jaké by postačovaly a to z důvodu působení vysokých teplot na řetěz i hřeblo a práci v náročném prostředí.



obr. 32 – Rozměrová sestava zvolených dílů

Parametry žlabu podle dispozice ochozu a navržených dílů:

Úhel stoupání	Šířka žlabu	Výška hřebľa	Unášená výška materiálu nad hřeblem	Koeficient plnění
$\alpha = 0[^\circ]$	$a_v = 0,5[m]$	$h = 0,063[m]$	$h_1 = 0,062[m]$	$k_\varphi = 0,9[-]$

Potřebná teoretická průřezová plocha:

$$S_p = \frac{Q_{\max}}{v \cdot \rho_s \cdot k_\varphi \cdot 3,6}$$

$$S_p = \frac{43,7}{0,318 \cdot 800 \cdot 0,9 \cdot 3,6} \quad [3](6.5)$$

$$S_p = 0,053[m^2]$$

Průřez žlabu:

$$S_1 = a_v \cdot (h + h_1)$$

$$S_1 = 0,5 \cdot (0,063 + 0,062) \quad [3](6.6)$$

$$S_1 = 0,063[m^2]$$

Podmínka [3]:

$$S_p \leq S_1$$

$$0,053 \leq 0,063 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Dopravní výkon dopravníku:

$$Q_d = S_1 \cdot v \cdot \rho_s \cdot k_\varphi \cdot 3,6$$

$$Q_d = 0,063 \cdot 0,318 \cdot 800 \cdot 0,9 \cdot 3,6 \quad [3](6.7)$$

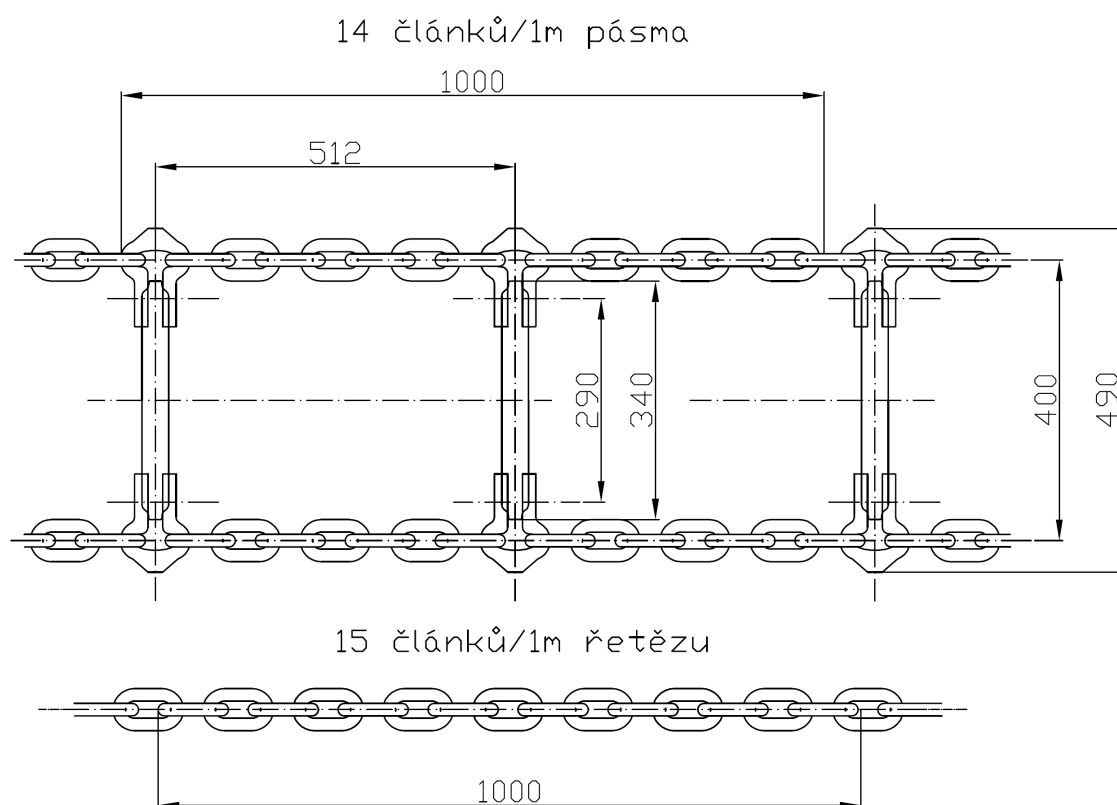
$$Q_d = 51,5[t \cdot h^{-1}]$$

Měrná hmotnost dopravovaného materiálu:

$$q_m = \frac{Q_d}{v \cdot 3,6}$$

$$q_m = \frac{51,5}{0,318 \cdot 3,6} \quad [3](6.8)$$

$$q_m = 45[kg \cdot m^{-1}]$$



obr. 33 – Rozměrový náčrt hřeblového pásma

Parametry dílů hřeblového pásma [6],[16]:

Měrná hmotnost řetězu	Počet článků na 1 m řetězu	Počet článků na 1 m pásma	Hmotnost hřebla
$m_{re} = 6,6 [kg]$	$n_{cr} = 15 [ks]$	$n_{cp} = 14 [ks]$	$m_h = 4,5 [kg]$
Hmotnost třmenu	Hmotnost šroubu	Hmotnost matice	Hmotnost podložky
$m_t = 1,32 [kg]$	$m_{sr} = 0,212 [kg]$	$m_{ma} = 0,071 [kg]$	$m_p = 0,017 [kg]$

Měrná hmotnost pásma:

$$m_r = 2 \cdot \frac{n_{cp}}{n_{cr}} m_{re} + 2 \cdot m_h + 4(m_{sr} + m_{ma} + m_p + m_t)$$

$$m_r = 2 \cdot \frac{14}{15} 6,6 + 2 \cdot 4,5 + 4(0,212 + 0,071 + 0,017 + 1,32) \quad (6.9)$$

$$m_r = 27,8 [kg \cdot m^{-1}]$$

Ovlivňující součinitelé [3]:

Součinitel zakřivení tratě	Součinitel odporu spodní větve (vodící lišty)	Součinitel bezpečnosti	Účinnost pohonu
$k_z = 1[-]$	$k_s = 0,32[-]$	$k_b = 1,2[-]$	$\eta = 0,8[-]$

Součinitel odporu horní větve:

$$k_h = \frac{q_m \cdot (0,32 + 0,0004 \cdot q_m) + 0,312 \cdot m_r}{q_m + m_r}$$

$$k_h = \frac{45 \cdot (0,32 + 0,0004 \cdot 45) + 0,312 \cdot 27,8}{45 + 27,8} \quad [3](6.10)$$

$$k_h = 0,33[-]$$

Doba pro obsluhu komory:

$$t_o = 10 [\text{min}]$$

Navržená doba přestávky činnosti dopravníku:

$$t_k = 120 [\text{min}]$$

Počet obsazení komor za dobu přestávky činnosti dopravníku:

$$n_k = \frac{t_k}{t_o}$$

$$n_k = \frac{120}{10} \quad (6.11)$$

$$n_k = 12[-]$$

Celková délka násypných ploch vzniklých za dobu přestávky činnosti dopravníku:

$$\begin{aligned} b_z &= L_k \cdot n_k \\ b_z &= 1,05 \cdot 12 \\ b_z &= 12,6[m] \end{aligned} \quad (6.12)$$

Odpor v horní větvi (součet odporu na násypných plochách a prázdných plochách po době přestávky činnosti dopravníku) (odvozeno z [3]):

$$\begin{aligned} F_h &= [b_z \cdot g \cdot (m_r + q_m) \cdot (k_h \cdot \cos \alpha + \sin \alpha) \cdot k_z] + [(L_v - b_z) \cdot g \cdot m_r \cdot (k_h \cdot \cos \alpha + \sin \alpha) \cdot k_z] \\ F_h &= [12,6 \cdot 9,81 \cdot (27,8 + 45) \cdot (0,33 \cdot \cos 0^\circ + \sin 0^\circ) \cdot 1] + \\ &\quad + [(95,4 - 12,6) \cdot 9,81 \cdot 27,8 \cdot (0,33 \cdot \cos 0^\circ + \sin 0^\circ) \cdot 1] \\ F_h &= 10360[N] \end{aligned} \quad (6.13)$$

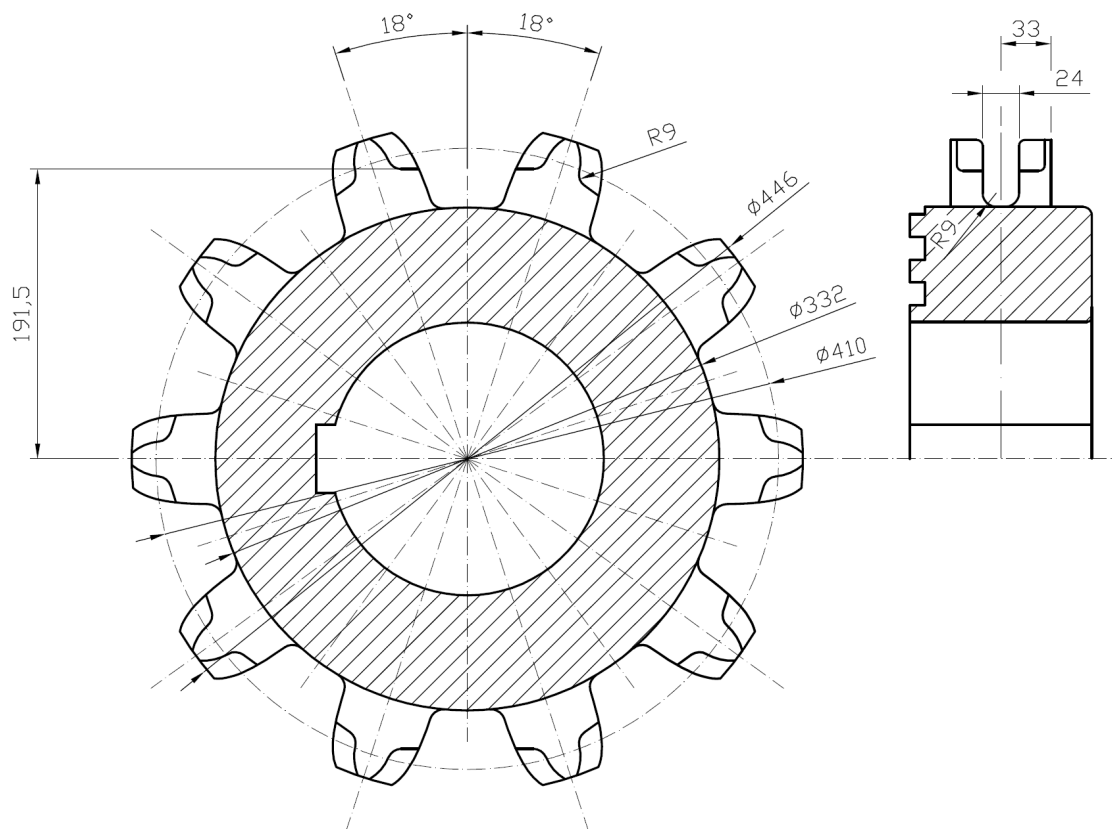
Odpor ve spodní větvi:

$$\begin{aligned} F_s &= L_v \cdot g \cdot m_r \cdot (k_s \cdot \cos \alpha - \sin \alpha) \cdot k_z \\ F_s &= 95,4 \cdot 9,81 \cdot 27,8 \cdot (0,32 \cdot \cos 0^\circ - \sin 0^\circ) \cdot 1 \\ F_s &= 8323[N] \end{aligned} \quad [3](6.14)$$

Zvolené základní parametry řetězu a řetězového kola dle ON 44 5160:

Rozteč řetězu	Počet zubů řetězového kola	Průměr roztečné kružnice	Průměr článku řetězu
$t = 64[mm]$	$z = 10[-]$	$D_r = 410[mm]$	$d_\epsilon = 18[mm]$

Volím řetězové kolo pro zvolený řetěz s počtem zubů $z = 10[-]$. Důvodem je snaha o zajištění plynulejšího přechodu ve spodní větvi, která bude umístěna níže. Předpokládal jsem, že bude třeba konstruovat část spodní větve zešikmeně. Použitím většího ozubeného kola se tato šikmost zmenší nebo zcela odstraní a usnadní se průchod pásma spodní větvi. Po ověření rozměru ochozu jsem potvrdil, že díky použití většího ozubeného kola jsem dosáhl přímého přechodu spodní větve. Nevýhodou je nutnost použití převodovky s vyšším převodovým poměrem. Rozdíl rozměrů převodovky je však minimální.



obr. 34 – Rozměrový náčrtes zvoleného řetězového kola

Výsledná obvodová síla na řetězovém bubnu:

$$\begin{aligned}
 K_{cel} &= F_h + F_s \\
 K_{cel} &= 10360 + 8323 \\
 K_{cel} &= 18680 [N]
 \end{aligned}
 \tag{3}(6.15)$$

Výkon elektromotoru potřebný:

$$\begin{aligned}
 P_{cel} &= k_b \cdot \left(\frac{K_{cel} \cdot v}{\eta} \right) \\
 P_{cel} &= 1,2 \cdot \left(\frac{18680 \cdot 0,318}{0,85} \right) \\
 P_{cel} &= 8910 [W]
 \end{aligned}
 \tag{3}(6.16)$$

Minimální potřebný kroutící moment na řetězovém kole:

$$\begin{aligned}
 M_{kp} &= K_{cel} \cdot \frac{Dr}{2} \\
 M_{kp} &= 18680 \cdot \frac{0,41}{2} \\
 M_{kp} &= 3829 [N \cdot m]
 \end{aligned}
 \tag{6.17}$$

Otázky řetězových kol:




$$n = \frac{v \cdot 60}{\pi \cdot D_r}$$

$$n = \frac{0,318 \cdot 60}{\pi \cdot 0,41}$$

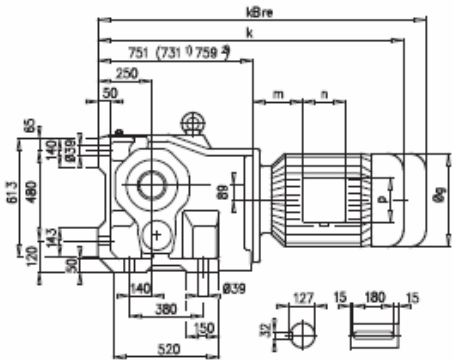
$$n = 15 \left[s^{-1} \right]$$
(6.18)

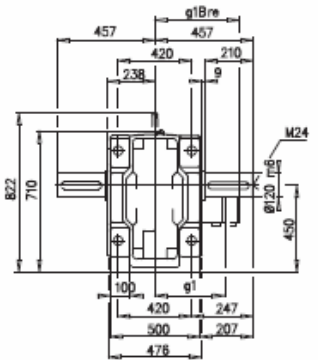
6.5.3 Volba pohonu a kontrola výkonových parametrů

Volím elektropřevodovku Nord SK 9086.1 – 160M/4:

P_1 [kW]	n_2 [min ⁻¹]	M_2 [Nm]	f_B	i_{ges}	F_R [kN]	F_A [kN]	F_{RVL} [kN]	F_{AVL} [kN]							
11,00	16	6566	3,0	90,50	120,0	65,0	120,0	65,0	SK 9086.1 - 160M/4	912	D94-95				
1500 min ⁻¹ 50 Hz										230/400V / 400/690V - S1					
															
Type	P_N [kW]	n_N [min ⁻¹]	I_N 230/400V [A]	I_N 400/690V [A]	$\cos \varphi$	η (4/4xP _N) [%]	η (3/4xP _N) [%]		M_N [Nm]	M_A/M_N	M_K/M_N	I_A/I_N	L_{PA} dB(A)	L_{WA} dB(A)	J [kgm ²]
160 M/4	11,0	1455		20,9 / 12,1	0,85	88,4	88,2	EFF2	72,2	2,4	2,9	6,5	67	75	0,05000

SK 9086.1





A45 160 M/L	
g	320
g1 / g1Bre	242 / 242
k1 / k1Bre	1258 / 1437
k / kBre	1243 / 1422
m / mBre	52 / 52
n / nBre	186 / 186
p / pBre	186 / 186

obr. 35 – Vybrané tabulky katalogu Nord pro zvolenou elektropřevodovku

Při nasypávání materiálu může dojít k občasným zvýšeným dávkám násypové hmotnosti $m_o = 40[kg]$. Proto jsem zvolil motor s vyšším výkonem. Pomocí programu Mathcad a dosazení vyšších hodnot doby přestávky dopravníku (viz. Příloha) jsem zjistil, že tento motor je schopen odvádět materiál po maximální době přestávky $t_{k \max} = 6[h]$. Dopravník je schopen při nepřetržitém chodu odvézt 36 hromádek materiálu o hmotnosti m_o , pokud uvažujeme pracovní režim S1. Dopravník je výkonově schopen dopravovat stále trojnásobné množství materiálu, než se kterým jsem počítal v předchozím výpočtu, že se nahromadí za navrženou dobu přestávky $t_k = 120[min]$.

Výkon elektromotoru:

$$P_{el} = 11 [kW]$$

Výstupní otáčky elektromotoru:

$$n_m = 1455 [\text{min}^{-1}]$$

Výstupní jmenovitý moment převodovky:

$$M_2 = 6566 [N \cdot m]$$

Jmenovitý moment motoru:

$$M_N = 72,2 [N \cdot m]$$

Počet elektromotorů:

$$n_e = 1 [-]$$

Potřebný převodový poměr:

$$i_{pp} = \frac{n_m}{n}$$

$$i_{pp} = \frac{1455}{15}$$

$$i_{pp} = 97 [-]$$

(6.19)

Převodový poměr převodovky:

$$i_p = 90,5 [-]$$

Výstupní otáčky převodovky:

$$n_2 = \frac{n_m}{i_p}$$

$$n_2 = \frac{1455}{90,5}$$

$$n_2 = 16 [\text{min}^{-1}]$$

(6.20)

Skutečná rychlost řetězu:

$$v_s = 2 \cdot \pi \cdot \frac{n_2}{60} \cdot \frac{D_r}{2}$$

$$v_s = 2 \cdot \pi \cdot \frac{16}{60} \cdot \frac{0,41}{2}$$

$$v_s = 0,34 [m \cdot s^{-1}]$$

(6.21)

Kontrola rychlosti:

$$\Delta v = \left(\frac{100 \cdot v_s}{v} \right) - 100$$

$$\Delta v = \left(\frac{100 \cdot 0,34}{0,318} \right) - 100 \quad [3] \quad (6.22)$$

$$\Delta v = 6,9 [\%]$$

Podmínka [3]:

$$|\Delta v| \leq 7 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Skutečný dopravní výkon:

$$Q_{ds} = S_1 \cdot v_s \cdot \rho_s \cdot k_\phi \cdot 3,6$$

$$Q_{ds} = 0,063 \cdot 0,34 \cdot 800 \cdot 0,9 \cdot 3,6 \quad (6.23)$$

$$Q_{ds} = 55 [t \cdot h^{-1}]$$

Kontrola elektromotoru na rozběh :**Kontrola výpočtem doby rozběhu:**

Kontroluji pro případ celkového zaplnění horní větve. Momenty vztahuji k hřídeli elektromotoru.

$$M_N \cdot \lambda = \frac{M_S + M_D}{i_p \cdot \eta}$$

Poměrný moment zvratu:

$$\lambda = 2,4 [-]$$

Odporová síla v horní větvi pro celkové zaplnění dopravníku :

$$F_{hc} = L_v \cdot g \cdot (m_r + q_m) \cdot (k_h \cdot \cos \alpha + \sin \alpha \cdot k_z)$$

$$F_{hc} = 95,4 \cdot 9,81 \cdot (27,8 + 45) \cdot (0,33 \cdot \cos 0^\circ + \sin 0^\circ \cdot 1) \quad [3] \quad (6.24)$$

$$F_{hc} = 21790 [N]$$

Moment statický:

$$M_s = (F_{hc} + F_s) \cdot \frac{D_r}{2}$$

$$M_s = (21790 + 8323) \cdot \frac{0,41}{2} \quad (6.25)$$

$$M_s = 6173 [N \cdot m]$$

Dynamický moment od pohonu:

$$M_D = M_N \cdot \lambda \cdot \eta \cdot i_p - M_s \quad [N \cdot m]$$

$$M_D = 72,2 \cdot 2,4 \cdot 0,8 \cdot 90,5 - 6173 \quad [N \cdot m]$$

$$M_D = 6372,5 \quad [N \cdot m] \quad (6.26)$$

Moment setrvačnosti převodovky:

$$J_p = 0,1 [kg \cdot m^2]$$

Parametry rotačních částí:

Hmotnost řetězového kola	Hmotnost hnacího hřídele	Hmotnost vratného hřídele	Střední průměr hnacího hřídele	Střední průměr vratného hřídele
$m_{rk} = 72 [kg]$	$m_{hh} = 140 [kg]$	$m_{vh} = 122 [kg]$	$d_{sh} = 0,14 [m]$	$d_{sv} = 0,145 [m]$

Dynamický moment od zátěže:

$$M_D = \frac{(F_{hc} + F_s)}{g} \cdot \frac{v_s}{t_{r\max}} \cdot \frac{D_r}{2} + 4 \cdot \frac{1}{2} \cdot m_{rk} \cdot \left(\frac{D_r}{2} \right)^2 \cdot \frac{2 \cdot v_s}{D_r \cdot t_{r\max}} + \frac{1}{2} \cdot m_{hh} \cdot \left(\frac{d_{sh}}{2} \right)^2 \cdot \frac{2 \cdot v_s}{D_r \cdot t_{r\max}} +$$

$$+ \frac{1}{2} \cdot m_{vh} \cdot \left(\frac{d_{sv}}{2} \right)^2 \cdot \frac{2 \cdot v_s}{D_r \cdot t_{r\max}} + J_p \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot n_2}{60 \cdot t_{r\max}} \quad (6.27)$$

Po úpravě dostávám maximální dobu rozběhu:

$$\begin{aligned}
 t_{r\max} &= \frac{(F_{hc} + F_s)}{g} \cdot \frac{v_s}{M_D} \cdot \frac{D_r}{2} + 4 \cdot m_{rk} \cdot \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{D_r}{2}\right)^2 \cdot \frac{2 \cdot v_s}{D_r \cdot M_D} + \\
 &+ \frac{1}{2} \cdot m_{hh} \cdot \left(\frac{d_{sh}}{2}\right)^2 \cdot \frac{2 \cdot v_s}{D_r \cdot M_D} + \frac{1}{2} \cdot m_{vh} \cdot \left(\frac{d_{sv}}{2}\right)^2 \cdot \frac{2 \cdot v_s}{D_r \cdot M_D} + J_p \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot n_2}{60 \cdot M_D} \\
 t_{r\max} &= \frac{(21790 + 8323)}{9,81} \cdot \frac{0,34}{63725} \cdot \frac{0,41}{2} + 4 \cdot \frac{1}{2} \cdot 72 \cdot \left(\frac{0,41}{2}\right)^2 \cdot \frac{2 \cdot 0,34}{0,41 \cdot 63725} + \\
 &+ \frac{1}{2} \cdot 140 \cdot \left(\frac{0,14}{2}\right)^2 \cdot \frac{2 \cdot 0,34}{0,41 \cdot 63725} + \frac{1}{2} \cdot 122 \cdot \left(\frac{0,145}{2}\right)^2 \cdot \frac{2 \cdot 0,34}{0,41 \cdot 63725} + 0,1 \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot 16}{60 \cdot 63725} \\
 t_{r\max} &= 0,035[s]
 \end{aligned} \tag{6.28}$$

Kontrola podle rozběhového momentu [7]:

Zvolená doba rozběhu:

$$t_r = 3[s]$$

Redukovaný moment (doplněno podle [7])

$$\begin{aligned}
 M_{red} &= M_s + \frac{(F_{hc} + F_s)}{g} \cdot \frac{v_s}{t_r} \cdot \frac{D_r}{2} + 4 \cdot \frac{1}{2} \cdot m_{rk} \cdot \left(\frac{D_r}{2}\right)^2 \cdot \frac{2 \cdot v_s}{D_r \cdot t_r} + \frac{1}{2} \cdot m_{hh} \cdot \left(\frac{d_{sh}}{2}\right)^2 \cdot \frac{2 \cdot v_s}{D_r \cdot t_r} + \\
 &+ \frac{1}{2} \cdot m_{vh} \cdot \left(\frac{d_{sv}}{2}\right)^2 \cdot \frac{2 \cdot v_s}{D_r \cdot t_r} + J_p \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot n_2}{60 \cdot t_r} \\
 M_{red} &= 6173 + \frac{(21790 + 8323)}{9,81} \cdot \frac{0,34}{3} \cdot \frac{0,41}{2} + 4 \cdot \frac{1}{2} \cdot 72 \cdot \left(\frac{0,41}{2}\right)^2 \cdot \frac{2 \cdot 0,34}{0,41 \cdot 3} + \\
 &+ \frac{1}{2} \cdot 140 \cdot \left(\frac{0,14}{2}\right)^2 \cdot \frac{2 \cdot 0,34}{0,41 \cdot 3} + \frac{1}{2} \cdot 122 \cdot \left(\frac{0,145}{2}\right)^2 \cdot \frac{2 \cdot 0,34}{0,41 \cdot 3} + 0,1 \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot 16}{60 \cdot 3}
 \end{aligned} \tag{6.29}$$

$$M_{red} = 6248 N \cdot m$$

Podmínka[7]:

$$\frac{M_{red}}{i_p \cdot \eta} \leq M_N \cdot \lambda$$

$$\frac{6552}{90,5 \cdot 0,8} \leq 72,2 \cdot 2,4$$

$$90,5 \leq 173,28 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Rozběh je vhodné řídit frekvenčním měničem. V případě navrženého dopravníku toto není nezbytně nutné. Pro případ přehřátí pohonu bude použito termistorové relé. Relé je obsahem příloh.

Kontrola pohonu na přetížitelnost a oteplení v případě celkového zaplnění:

Pohon pracuje v režimu S2. Spouštěn je po dobu $t_p = 300[s]$ pro odvedení materiálu po celkovém vychladnutí. V programu Mathcad (viz. Příloha) jsem určil, že potřebný výkon k odvedení materiálu v případě plné horní větve je $P_{Lmax} = 14280[W]$.

Kontrola pohonu na přetížitelnost:

$$P_{Lmax} \leq \frac{P_{el} \cdot \lambda \cdot 0,9}{1,6}$$

$$14280 \leq \frac{11000 \cdot 2,4 \cdot 0,9}{1,6} \quad [21] \quad (6.30)$$

$$14280[W] \leq 14850[W] \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Kontrola na oteplení:

Oteplovací časová konstanta[21]	Součinitel rozdělení ekvivalentních ztrát[21]
$\tau = 10[\text{min}]$	$k_0 = 0,25[-]$



$$P_{L\max} \leq P_{el} \cdot \sqrt{\frac{\left(1 - e^{-\frac{t_p}{\tau}}\right)^{-1} - k_0}{1 - k_0}}$$

$$14280 \leq 11000 \cdot \sqrt{\frac{\left(1 - e^{-\frac{5}{10}}\right)^{-1} - 0,25}{1 - 0,25}} \quad [21](6.31)$$

$$14280[W] \leq 19226[W] \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

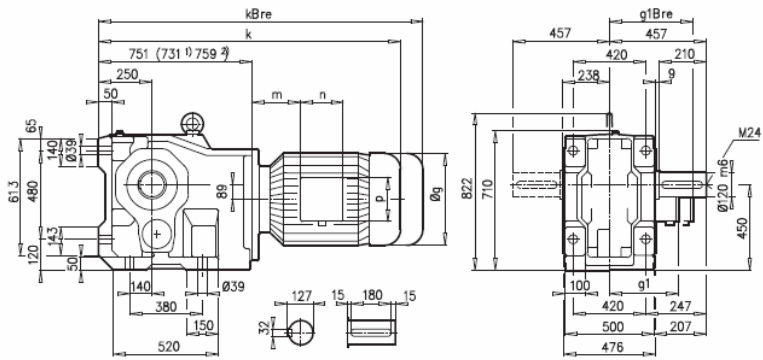
Pohon je schopen odvádět veškerý materiál po celkovém zaplnění horní větve, pokud budeme dodržovat navrženou dobu činnosti režimu S2 $t_p = 300[s]$.

Pokud se vedení rozhodne, že bude dopravník provozován v režimu pro plnou horní větev, je možné použití také pohonu s výkonem 15 kW. Pohonná jednotka má identické vnější rozměrové parametry.

P_1 [kW]	n_2 [min ⁻¹]	M_2 [Nm]	f_B	i_{ges}	F_R [kN]	F_A [kN]	F_{RVL} [kN]	F_{AVL} [kN]			
15,00	16	8953	2,2	90,50	118,1	65,0	120,0	65,0	SK 9086.1 - 160L/4	937	D94-95

50 Hz 1500 min ⁻¹												230/400V / 400/690V - S1			
Type	P_N [kW]	n_N [min ⁻¹]	I_N 230/400V [A]	I_N 400/690V [A]	$\cos \varphi$	η (4/4xP _N) [%]	η (3/4xP _N) [%]		M_N [Nm]	M_A/M_N	M_K/M_N	I_A/I_N	L_{PA} dB(A)	L_{WA} dB(A)	J [kgm ²]
160 L/4	15,0	1460		28,2 / 16,3	0,85	90,0	90,1	EFF2	98,1	2,9	3,5	7,5	67	75	0,06700

SK 9086.1



±	⇒	A45	160 M/L
g			320
g1 / g1Bre			242 / 242
k1 / k1Bre			1393 / 1572
k / kBre			1397 / 1576
m / mBre			52 / 52
n / nBre			186 / 186
p / pBre			186 / 186

obr. 36 – Výkonnější elektromotor

6.5.4 Předpětí a napínání

Síla předpětí řetězu pro navržený provozní režim s dobou přestávky: $t_k = 120[\text{min}]$:

$$F_m = \frac{F_h + 3 \cdot F_s}{4}$$
$$F_m = \frac{10360 + 3 \cdot 8323}{4} \quad [7] \quad (6.32)$$
$$F_m = 4670[\text{N}]$$

Volím závaží o hmotnosti:

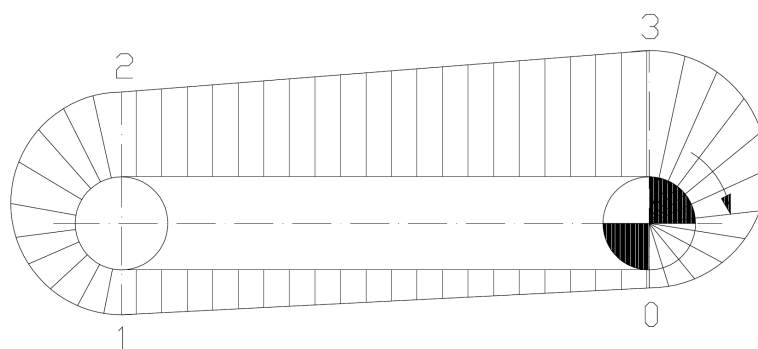
$$m_z = 500[\text{kg}]$$

6.5.5 Kontrola řetězu

Řetězy dopravníku z bezpečnostních důvodů kontroluji pro případ celkového zaplnění horní větve dopravníku.

Síla předpětí řetězu pro celkové zaplnění dopravníku:

$$F_{mc} = \frac{F_{hc} + 3 \cdot F_s}{4}$$
$$F_{mc} = \frac{21790 + 3 \cdot 1137}{4} \quad [7] \quad (6.33)$$
$$F_{mc} = 11690[\text{N}]$$



obr. 37 – Grafické vynesení tahů v řetězu

Určení tahů v řetězu pro celkové zaplnění horní větve dopravníku (zjednodušeně):

$$T_0 = F_{mc}$$

$$T_0 = 11690[N]$$

$$T_1 = T_0 + F_s$$

$$T_1 = 11690 + 8323$$

$$T_1 = 20010[N]$$

$$T_2 = T_1$$

$$T_2 = 20010[N]$$

$$T_3 = T_2 + F_{hc}$$

$$T_3 = 20010 + 21790$$

$$T_3 = 41810[N]$$

Součinitelé a hodnoty ovlivňující mechanické vlastnosti řetězu [7]:

Součinitel pružnosti řetězu	Součinitel bezpečnosti řetězu	Součinitel počtu řetězů	Zkušební zatížení řetězu
$k_2 = 0,75[-]$	$k_{br} = 3[-]$	$k_i = 2[-]$	$F_{zk} = 350000[N]$

Dynamická síla v řetězu pro celkové zaplnění horní větve:

$$F_d = 6 \cdot [k_2 \cdot L_v \cdot (q_m + 2 \cdot m_r)] \cdot \frac{v_s^2}{D_r} \cdot \sin\left(\frac{\pi}{z}\right)$$

$$F_d = 6 \cdot [0,75 \cdot 95,4 \cdot (45 + 2 \cdot 27,8)] \cdot \frac{0,34^2}{0,41} \cdot \sin\left(\frac{\pi}{10}\right) \quad [7] \quad (6.34)$$

$$F_d = 3763[N]$$

Maximální tažná síla:

$$F_{t \max} = T_3 + F_d$$

$$F_{t \max} = 43800 + 3763 \quad [7] \quad (6.35)$$

$$F_{t \max} = 47560[N]$$

Podmínka[7]:

$$F_{t \max} \cdot \frac{k_{br}}{k_i} \leq F_{zk}$$

$$47560 \cdot \frac{3}{2} \leq 350000$$

$$71340 \leq 350000 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Kontrola řetězu na utržení:

$$M_{utr} = \left(\frac{F_{zk} \cdot k_i}{k_{br}} \right) \cdot \frac{D_r}{2}$$

$$M_{utr} = \left(\frac{350000 \cdot 2}{3} \right) \cdot \frac{0,41}{2} \quad [7] \quad (6.36)$$

$$M_{utr} = 41680 [N \cdot m]$$

Podmínka [7]:

$$M_{utr} > M_2 \cdot \lambda$$

$$41680 > 6566 \cdot 2,4$$

$$41680 > 15758,4 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Kontrola řetězu byla provedena také metodou konečných prvků v programu ANSYS. Výsledky výpočtu jsou obsahem příloh.

6.5.6 Návrh a kontrola hřídelí

Návrh hnací hřídele:

Maximální tažná síla:

$$F_{\max} = \frac{2 \cdot M_2}{D_r}$$

$$F_{\max} = \frac{2 \cdot 6566}{0,41} \quad (6.37)$$

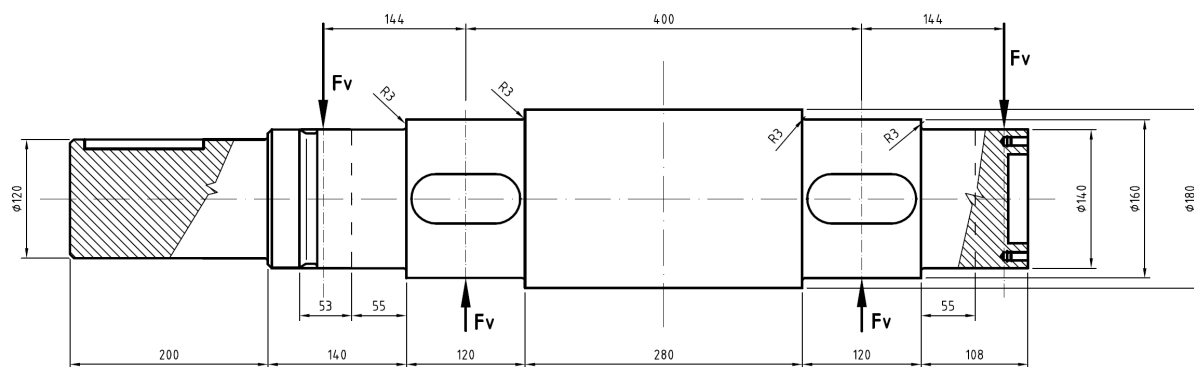
$$F_{\max} = 32030 [N]$$

Síla působící na hřídel:

$$F_v = \frac{F_{mc} + F_{\max}}{2}$$

$$F_v = \frac{11690 + 32030}{2}$$

$$F_v = 21860 [N]$$
(6.38)



obr. 38 – Hnací hřídel

Délkové rozměry navržené hřídele:

Vzdálenost os řetězových kol	Vzdálenost os řetězových kol a ložisek	Délka čepu řetězového kola	Délka hřídele mezi čepy kol
$l_1 = 400 [mm]$	$l_2 = 144 [mm]$	$l_{c1} = 120 [mm]$	$l_{c2} = 200 [mm]$
Délka čepu ložiska 1	Délka čepu ložiska 2	Délka výstupního hřídele	Délka hřídele
$l_{c3} = 140 [mm]$	$l_{c4} = 108 [mm]$	$l_{cv} = 200 [mm]$	$l_h = 968 [mm]$

Ohybový moment:

$$M_o = F_v \cdot \left(\frac{l_1}{2} + l_2 \right) - F_v \cdot \frac{l_1}{2}$$

$$M_o = 21860 \cdot \left(\frac{0,4}{2} + 0,144 \right) - 21860 \cdot \frac{0,4}{2} \quad (6.39)$$

$$M_o = 3148 [N \cdot m]$$

Údaje o zvoleném materiálu hřídelí [9]:

Materiál	Dovolené napětí	Modul pružnosti v tahu	Modul pružnosti ve smyku
Ocel 11500	$\sigma_D = 120 [MPa]$	$E = 2,1 \cdot 10^{11} [Pa]$	$G = 8,1 \cdot 10^4 [MPa]$

Dovolené redukované napětí:

$$\sigma_D = \sqrt{\left(\frac{\frac{M_o}{\pi \cdot d_{\min}^3}}{32} \right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{\frac{M_2}{\pi \cdot d_{\min}^3}}{16} \right)^2} \quad [12] \quad (6.40)$$

po úpravě dostávám minimální průměr hřídele:

$$d_{\min} = \sqrt[6]{\frac{1}{\sigma_D^2} \cdot \left(\left(\frac{\frac{M_o}{\pi}}{32} \right)^2 + 3 \cdot \left(\alpha_0 \cdot \frac{\frac{M_2}{\pi}}{16} \right)^2 \right)}$$

$$d_{\min} = \sqrt[6]{\frac{1}{(120 \cdot 10^6)^2} \cdot \left(\left(\frac{3148}{\pi} \right)^2 + 3 \cdot \left(0,7 \cdot \frac{6566}{\pi} \right)^2 \right)}$$

$$d_{\min} = 84 [mm]$$

Navržený průměr hřídele:

$$d_h = 120[mm]$$

Průměr hřídele jsem zvolil podle hřídele zvolené převodovky a bude předimenzován. Převodovka je přizpůsobená k vyššímu namáhání a pro navržený hřídel lze použít i motor o výkonu 15 kW.

Navržené průměry hřídele:

Průměr čepů řetězových kol	Průměr mezi čepy řetězových kol	Průměr čepů ložisek	Průměr výstupního hřídele
$d_{h1} = 160[mm]$	$d_{h2} = 180[mm]$	$d_{lz} = 140[mm]$	$d_h = 120[mm]$

Kontrola na zkroucení [12]:**Dovolené maximální zkroucení:**

$$\varphi_{dov} = 0,5^\circ \cdot m^{-1}$$

Polární momenty průřezů:

$J_{ph1} = \frac{\pi \cdot d_{h1}^4}{32}$ $J_{ph1} = \frac{\pi \cdot 160^4}{32}$ $J_{ph1} = 6,434 \cdot 10^7 [mm^4]$	$J_{ph2} = \frac{\pi \cdot d_{h2}^4}{32}$ $J_{ph2} = \frac{\pi \cdot 180^4}{32}$ $J_{ph2} = 1,031 \cdot 10^8 [mm^4]$
$J_{plz} = \frac{\pi \cdot d_{lz}^4}{32}$ $J_{plz} = \frac{\pi \cdot 140^4}{32}$ $J_{plz} = 3,771 \cdot 10^7 [mm^4]$	$J_{ph} = \frac{\pi \cdot d_h^4}{32}$ $J_{ph} = \frac{\pi \cdot 120^4}{32}$ $J_{ph} = 2,036 \cdot 10^7 [mm^4]$

Délka působení kroutícího momentu:

$$L_{mk} = 2 \cdot l_{c1} + l_{c2} + l_{c3} + l_{cv}$$

$$L_{mk} = 2 \cdot 0,12 + 0,2 + 0,14 + 0,2$$

$$L_{mk} = 0,86[m]$$

[12](6.41)

Celkové zkroucení hřídele:

$$\varphi = \frac{M_2}{G} \cdot \left(\frac{0,75 \cdot l_{c1}}{J_{ph1}} + \frac{l_{c2}}{J_{ph2}} + \frac{l_{c1}}{J_{ph1}} + \frac{l_{c3}}{J_{plz}} + \frac{0,75 \cdot l_{cv}}{J_{ph}} \right) \cdot \frac{180^\circ}{\pi}$$

$$\varphi = \frac{6566}{8,1 \cdot 10^4} \cdot \left(\frac{0,75 \cdot 120}{6,434 \cdot 10^7} + \frac{200}{1,031 \cdot 10^8} + \frac{120}{6,434 \cdot 10^7} + \frac{140}{3,771 \cdot 10^7} + \frac{0,75 \cdot 200}{2,036 \cdot 10^7} \right) \cdot \frac{180^\circ}{\pi} \quad [12](6.42)$$

$$\varphi = 0,079^\circ$$

Úhel zkroucení hřídele vztažený na 1 metr:

$$\varphi_m = \frac{\varphi}{L_{mk}}$$

$$\varphi_m = \frac{0,079^\circ}{0,86} \quad [12](6.43)$$

$$\varphi_m = 0,092^\circ \cdot m^{-1}$$

Podmínka:

$$\varphi_{dov} \geq \varphi_m \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Kontrola průhybu [12]:**Vzdálenost podpor:**

$$l_p = l_1 + 2 \cdot l_2$$

$$l_p = 400 + 2 \cdot 144 \quad [12](6.44)$$

$$l_p = 688 [mm]$$

Kvadratický moment průřezu:

$$J_h = \frac{\pi \cdot (d_{lz}^4)}{64}$$

$$J_h = \frac{\pi \cdot (140^4)}{64} \quad (6.45)$$

$$J_h = 1,886 \cdot 10^7 [mm^4]$$

Maximální průhyb:

$$y_{\max} = \frac{F_v \cdot l_2^2 \cdot \left(l_p - \frac{4}{3} \cdot l_2 \right)}{8 \cdot E \cdot J_h}$$

$$y_{\max} = \frac{2186 \cdot 144^2 \cdot \left(688 - \frac{4}{3} \cdot 144 \right)}{8 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 1886 \cdot 10^7} \quad [12](6.46)$$

$$y_{\max} = 0,0071 \text{ mm}$$

Dovolený průhyb hnací hřídele :

$$y_{dovh} = 3 \cdot 10^{-4} \cdot lp$$

$$y_{dovh} = 3 \cdot 10^{-4} \cdot 688 \quad [12](6.47)$$

$$y_{dovh} = 0,2064 [mm]$$

Podmínka:

$$y_{\max} \leq y_{dovh} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Kontrola bezpečnosti hřídele s vrubem:

Materiálové parametry podle empirických vztahů [9]:

Mez únavy v ohybu	Mez únavy v krutu
$\sigma_c = 230 [MPa]$	$\tau_c = 165 [MPa]$

Koeficienty a příslušné hodnoty [9]:

Vliv jakosti povrchu	Vliv velikosti součástí	Vliv koncentrace napětí	Dovolená celková míra bezpečnosti
$v_p = 0,97 [-]$	$\varepsilon_v = 0,68 [-]$	$\beta_\sigma = 1,9 [-]$	$k_{cdov} = 1,5 [-]$

Ohybové napětí:

$$\begin{aligned}\sigma_o &= \frac{M_o}{\frac{\pi \cdot d_h^3}{32}} \\ \sigma_o &= \frac{3148}{\frac{\pi \cdot 0,12^3}{32}} \\ \sigma_o &= 18,56 [MPa]\end{aligned}\tag{6.48}$$

Skutečná mez únavy pro součást s vrubem :

$$\begin{aligned}\sigma_{CS} &= \sigma_C \cdot \frac{\varepsilon_v \cdot \eta_p}{\beta_\sigma} \\ \sigma_{CS} &= 230 \cdot \frac{0,68 \cdot 0,97}{1,9} \\ \sigma_{CS} &= 80 [MPa]\end{aligned}\tag{9}(6.49)$$

Míra bezpečnosti v ohybu:

$$\begin{aligned}k_{c\sigma} &= \frac{\sigma_{CS}}{\sigma_o} \\ k_{c\sigma} &= \frac{80}{18,56} \\ k_{c\sigma} &= 4,3 [-]\end{aligned}\tag{9}(6.50)$$

Kroutící provozní napětí:

$$\begin{aligned}\tau_k &= \frac{M_2}{\frac{\pi \cdot d_h^3}{16}} \\ \tau_k &= \frac{6566}{\frac{\pi \cdot 0,12^3}{16}} \\ \tau_k &= 19,352 [MPa]\end{aligned}\tag{9}(6.51)$$

Míra bezpečnosti v krutu:

$$k_{c\tau} = \frac{0,577 \cdot R_e}{\tau_k}$$

$$k_{c\tau} = \frac{0,577 \cdot 285}{19,352} \quad [9](6.52)$$

$$k_{c\tau} = 8,5$$

Celková míra bezpečnosti:

$$k_c = \frac{k_{c\sigma} + k_{c\tau}}{\sqrt{(k_{c\sigma}^2 + k_{c\tau}^2)}}$$

$$k_c = \frac{4,3 \cdot 8,5}{\sqrt{(4,3^2 + 8,5^2)}} \quad [9](6.53)$$

$$k_c = 3,8$$

Podmínka:

$$k_c \geq k_{cdov} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Návrh vratné hřídele:**Dovolené napětí v ohybu:**

$$\sigma_{Do} = 125 [MPa]$$

Vratná hřídel bude z důvodů jednoduchosti a stejných náhradních dílů téměř shodná s hřídelí hnací. Vratná hřídel pouze nebude obsahovat výstupní hřídel k pohonu.

Dovolené napětí [12]:

$$\sigma_D = \sqrt{\left(\frac{M_o}{\frac{\pi \cdot d_{v \min}^3}{32}} \right)} \quad [12](6.54)$$

po úpravě dostávám minimální průměr hřídele:

$$d_{v \min} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_o}{\pi \cdot \sigma_{Do}}}$$

$$d_{\min} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 7815}{\pi \cdot 125}}$$

$$d_{\min} = 65[mm]$$

Navržený průměr hřídele:

$$d_v = 120[mm]$$

Průhyb hřídele je stejný, jako průhyb hnacího hřídele.

Délka hřídele:

$$l_v = 736[mm]$$

Dovolený průhyb vratného hřídele:

$$y_{dovv} = 3 \cdot 10^{-4} \cdot l_v$$

$$y_{dovv} = 3 \cdot 10^{-4} \cdot 736$$

[12](6.55)

$$y_{dovv} = 0,2208[mm]$$

Podmínka:

$$y_{\max} \leq y_{dovv}$$

$$0,0071 \leq 0,2208 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Kontrola bezpečnosti:

$$k_{c\sigma} = \frac{\sigma_{CS}}{\sigma_o}$$

$$k_{c\sigma} = \frac{80}{18,56}$$

[9](6.56)

$$k_{c\sigma} = 4,3[-]$$

Podmínka:

$$k_{c\sigma} \geq k_{cdov}$$

$$4,3 \geq 1,5 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$



Trvanlivost ložiska:

$$L_h = \frac{16667}{n_2} \cdot \left(\frac{C_r}{F_{de}} \right)^{3,333}$$

$$L_h = \frac{16667}{16 \cdot 60} \cdot \left(\frac{463000}{21860} \right)^{3,333} \quad [9](6.58)$$

$$L_h = 455946[hr]$$

Generální rekonstrukce baterie se provádí po době 20-ti let. Za tuto dobu bude dopravník v činnosti $7300[hr]$. Ložiska vyhovují.

6.5.8 Kontrola per**Kontrola per spojky:****Rozměry pera:**

Délka pera	Výška pera	Počet per
$l_{p1} = 110[mm]$	$h_{p1} = 18[mm]$	$i_{p1} = 1[ks]$

Dovolený tlak:

$$p_{Dp} = 200[MPa]$$

Tlak působící na pero při celkovém zaplnění dopravníku:

$$p_1 = \frac{4 \cdot (F_{mc} + F_s) \cdot \frac{D_r}{2}}{l_{pl} \cdot h_{pl} \cdot d_h \cdot i_{p1}}$$

$$p_1 = \frac{4 \cdot (12540 + 8323) \cdot \frac{410}{2}}{110 \cdot 18 \cdot 120 \cdot 1} \quad (6.59)$$

$$p_1 = 72[MPa]$$

Podmínka:

$$p_{Dp} \geq p_1 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Kontrola per řetězových kol:

Rozměry pera:

Délka pera	Výška pera	Počet per
$l_{p2} = 110[mm]$	$h_{p2} = 22[mm]$	$i_{p2} = 1[ks]$

Tlak působící na pero při celkovém zaplnění dopravníku:

$$p_2 = \frac{4 \cdot (F_{mc} + F_s) \cdot \frac{D_r}{2}}{l_{p2} \cdot h_{p2} \cdot d_{h2} \cdot i_{p2}}$$
$$p_2 = \frac{4 \cdot (12540 + 8323) \cdot \frac{410}{2}}{120 \cdot 18 \cdot 160 \cdot 1} \quad (6.60)$$
$$p_2 = 49,5[MPa]$$

Podmínka:

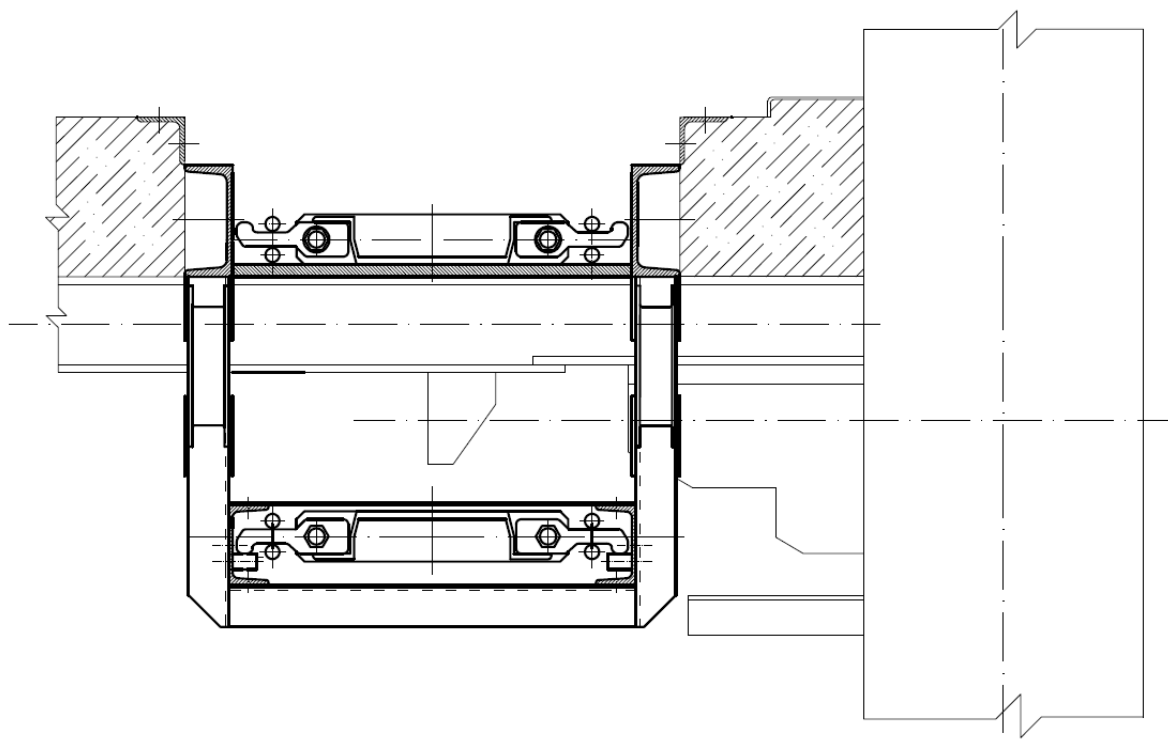
$$p_{Dp} \geq p_2 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

6.6 Konstrukce dopravníku

6.6.1 Konstrukce horní a spodní větve

Horní větev se skládá z ocelové kluznice z oceli Abrazit 14320 tloušťky 15 [mm] a bočnic profilu U140, které jsou zároveň nosnou konstrukcí roštu a spodní větve. Tyto díly tvoří žlab který bude svařovaný z polotovarů délky 5[m]. Jednotlivé dílčí žlaby budou svařovány ke konstrukci ochozu. Konstrukce ochozu je tvořena profily I 120 vzdálených od sebe o vzdálenost komor 1,05[m]. Žlaby budou k sobě v místě spojení rovněž svařovány.

Spodní větev bude sestavena z profilů U100 a plechů uzavírajících žlab tloušťky 3[mm]. Vzniklý uzavřený žlab tvoří polotovary délky 5[m]. Žlab bude vsunutý do zavěšené svařované konstrukce. Díly spodního žlabu budou k sobě navzájem svařovány. Hřeblové pásmo se bude pohybovat po svařovaných lištách OBD 30 x 20 A – 5000 ČSN 42 5522.11 z oceli Abrazit 14320. Dopravník bude nedílnou součástí ochozu.



obr. 40 – Konstrukce dopravníku

6.6.2 Poháněcí stanice

Zvolená převodovka bude spojena hřídelovou spojkou s hřídelí poháněcí stanice. Poháněcí stanici tvoří dvoudílná, ocelová svařovaná skříň s plechů tloušťky 40 [mm]. Řetězová kola a domky ložisek jsou vybaveny labyrintem k zabránění přístupu abrazivního uhlí a koksu. Přístup jemného uhlí k ložiskům zabraňují také gufera GP 140 – 200 – 15 NBR ČSN 02 9401.02.

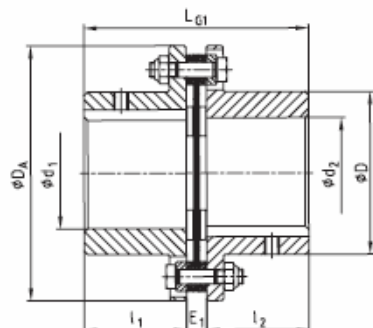
Úniku maziva zabraňují gufera GP 140 – 200 – 15 NBR ČSN 02 9401.02 a

GP 120 – 150 – 12 NBR ČSN 02 9401.02. Stanice i pohonná jednotka jsou šroubovány k rámové konstrukci. Rámová konstrukce je šroubovaná k betonovému základovému bloku. Konstrukce horní a spodní větve jsou k stanici svařovány příložnými plechy. Příložné plechy jsou ke skříni stanice rovněž přisvářovány. Horní víko stanice tvoří plech tloušťky 3 mm.

Volba spojky:

Volím spojku Radex typu N podle hodnot z katalogové tabulky:

RADEX® -N Steel lamina coupling



Size	Finish bore		Dimensions [mm]							
	d_1/d_2 max.	d_3/d_4 max.	D	D ₁	D _A	l_1/l_2	L _{G1}	E ₁	L _{G2}	E ₂
135	135	115	184	160	305	135	297	27	520	250

Size	Torques [Nm]			Dimensions [mm]						Perm. displacements	
	T _{KN}	T _{K max}	T _{KW}	d _{max}	d _{2 max}	D	D _A	E _{Standard} ¹⁾	l_1 / l_2	Angle each lamina [°]	Axial [mm]
135	12000	24000	4000	135	–	184	305	250	135	1,0	3,5

obr. 41 – Rozměry a typ Spojky[23]

6.6.3 Vratná a napínací stanice

Vnitřní součásti vratné stanice se shodují s částmi poháněcí stanice. Skříň stanice je vyrobena svařováním plechů. Domky ložisek jsou umístěny v kluzném vedení. Domky jsou vybaveny přivařenými plechy s našroubovanou tyčí spojující profil U100 s čepem a napínacím lanem. Napínání je gravitační ocelovým lanem přes kladku. Stanice je přišroubovaná k rámové konstrukci umístěné na konstrukci ochozu.

6.6.4 Výsypka

Výsypka je realizována přerušením kluznice po délce 640 mm. V místě přerušení je svařována příruba výsypky. Výsypka má sklon 30°. Z hlediska úhlu vnějšího tření materiálu je sklon postačující. Skloněný uzavřený žlab výsypky je dvoudílný a je ze svařovaných plechů. Žlab lze sklopit, jelikož je možno jej použít pro vyústění do přistaveného kontejneru výtahu. Pokud se kontejner bude odvážet pomocí

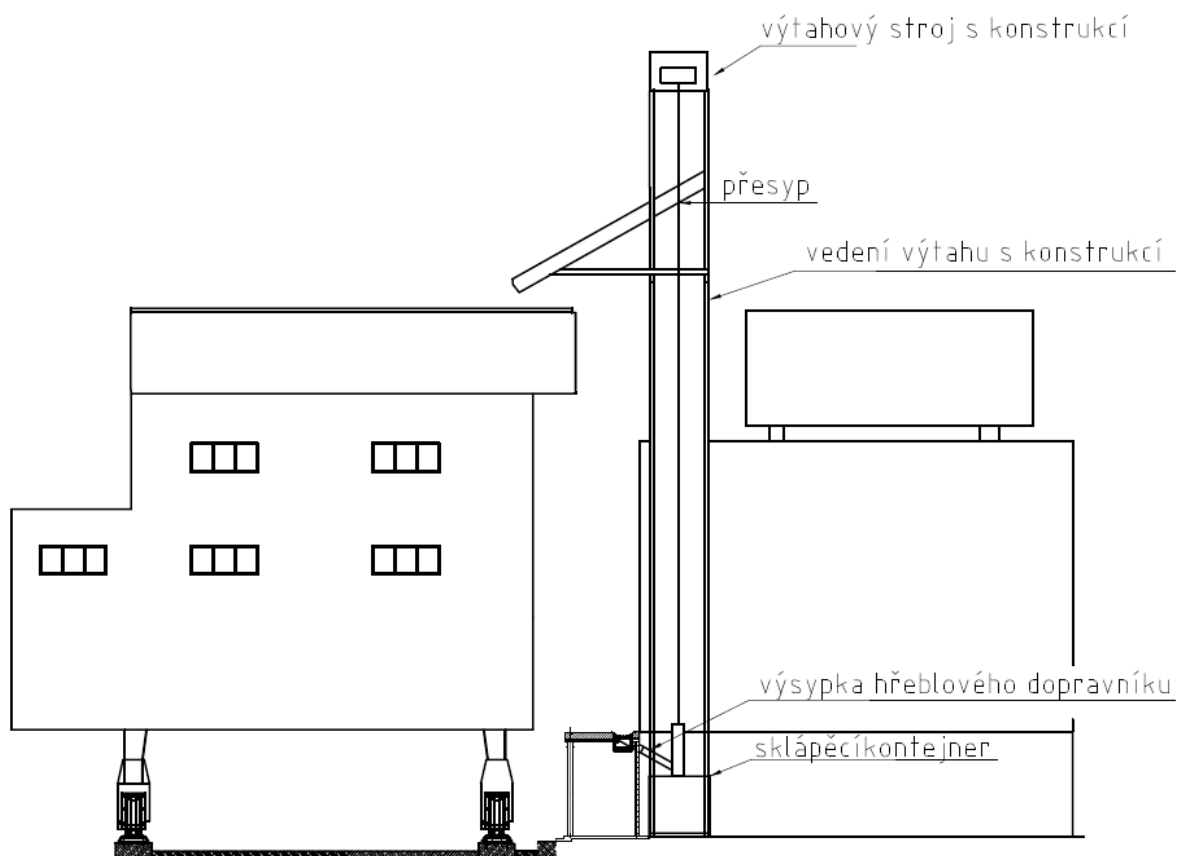
vysokozdvížných vozíků, není nutno jej sklápět. Sklápění a zvedání žlabu je možno provádět pomoci kladkostroje elektrického nebo ručního a to z navržené konstrukce nad žlabem, kde se kladkostroj upevní. Ovládání může být dále hydraulické nebo mechanickým převodem. Elektrický kladkostroj je obsahem příloh.

6.7 *Návrh činnosti dopravníku, obslužných prací a bezpečnostních opatření*

Navrhuji, aby dopravník pracoval podle navrženého režimu s navrženou dobou činnosti a dobou přestávky. V tomto režimu stroj pracuje optimálně s dostatečnou rezervou pro případ zvýšeného zatížení. Výhodné je dále navrhnout počítačově řízené ovládání spouštění stroje. Postačující je použít variantu konstrukce bez ochranného roštu, nutno je však dopravník vybavit zařízením pro slyšitelné zvukové znamení o spuštění zařízení. Pokud se vedení rozhodne o použití roštu, není třeba používat výstražného zařízení, může však docházet k problémům s průchodem materiálu roštem.

Podle rozhodnutí vedení bude materiál odváděn do kontejneru, který je možno obsloužit vysokozdvížnými vozíky po otevření vrat na konci ochozu. Materiál se převezí k roštu pásového dopravníku a dále bude putovat do zásobníku uhelné věže.

Navrhuji dále zlepšit tento způsob odvedení materiálu a použít výtah, který kontejner vyveze do výšky zásobníku PSV stroje a po překlopení jej zde vysype. Toto se v praxi velmi osvědčilo.



obr. 42 – Schéma uspořádání výtahu

Navržená kapacita kontejneru výtahu:

$$V_{\max} = 8 [m^3]$$

$$m_{\max} = 6400 [kg]$$

Počet spuštění dopravníku pro naplnění kontejneru:

$$n_{sp} = \frac{m_{\max}}{m_o \cdot n_k}$$

$$n_{sp} = \frac{6400}{40 \cdot 12} \quad (6.61)$$

$$n_{sp} = 13 [-]$$

Doba cyklu obslužení kontejneru:

$$t_{ck} = \frac{n_{sp} \cdot t_k}{60}$$

$$t_{ck} = \frac{13 \cdot 120}{60} \quad (6.62)$$

$$t_{ck} = 26 [hr]$$

7 Možné úpravy zarovnávací škrabky pro minimalizaci odpadajícího uhlí

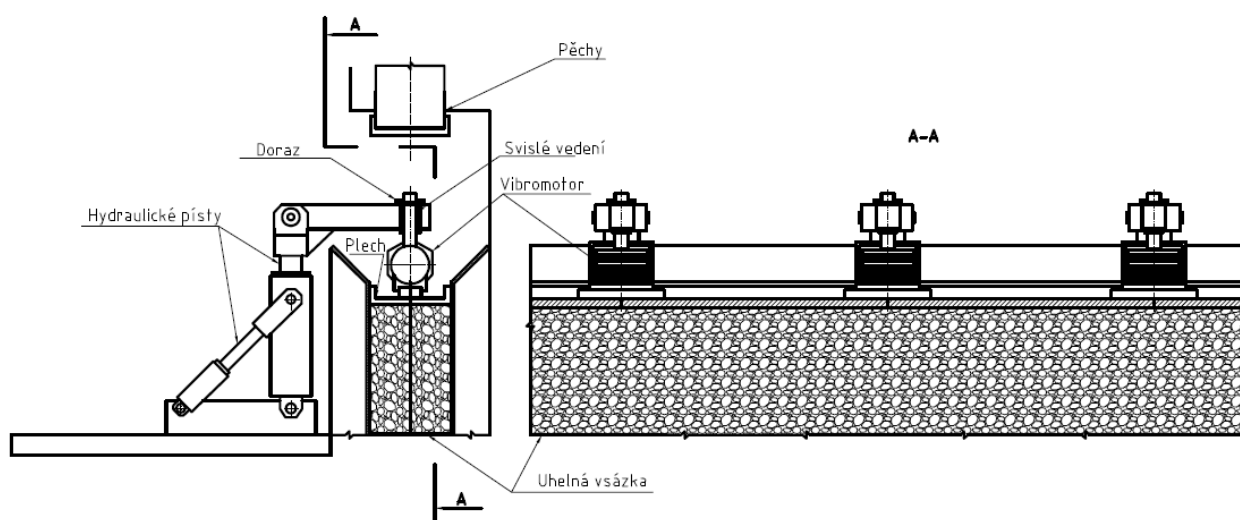
Z důvodu umístění zarovnávací škrabky se odhrnutý materiál nasypává na místa určené pro pohyb osob na PSV stroji a na ochoz baterie. Je třeba při každém obsazení komory materiál uklízet.

Problém je možno odstranit těmito způsoby:

- změnou umístění a upevnění škrabky. Škrabku je možno zapustit do bednění uhelné vsázky, čímž se materiál nebude shrnovat na zem, ale zpět do bednění.
- Změnou zarovnávacího systému, návrhem nového zarovnávacího zařízení.

Navrhuji vibrační zarovnávač:

Vibrační zařízení se po upěchování vsázky položí pomocí soustavy hydraulických válců na povrch vsázky a díky vibračním plechové plochy dosedající na celou délku vsázky zarovná povrch. Po zarovnání se vibromotory s příslušenstvím opět nadzvednou a sklopí pomocí hydraulických válců. Tímto nedojde k odstranění žádné vrstvy materiálu, žádným ztrátám a k celkovému upěchování vsázky. Pro budoucí návrh stroje uvažuji s relativně značnými výkony vibromotorů. Detailní konstrukční řešení je vhodné zpracovat jako další projekt.



obr. 43 – Vibrační zarovnávač

8 Závěr

Cílem této diplomové práce bylo navrhnout či optimalizovat obsluhovací zařízení koksovací baterie. Třinecká koksovna v roce 2009 stojí před rozsáhlou rekonstrukcí. Původní dispozice a parametry baterie zůstanou zachovány. Návrh instalace hřeblového dopravníku je tedy aktuální a v době rekonstrukce je jeho montáž nejvhodnější. Toto zařízení je na mnohých koksovnách již zavedeno a proto bych chtěl zde vyjádřit svůj pohled k realizaci tohoto projektu. Navrhuji se nad tímto pozastavit před realizací rekonstrukce a realizovat tento projekt. Hřeblový dopravník usnadní práci s odpadovým materiálem, zajistí čistotu a pořádek v okolí baterie. Je možno ho použít i na výtlačné straně. Nejvhodnější je použití varianty s výtahem dopravujícím materiál přímo do PSV stroje. Manipulace s materiálem se pak stane celkově mechanizována. Práce zaměstnanců bude spočívat v korigování přivádění materiálu na pásma a obsluze počítačového řízení. Tento systém je na jiných modernizovaných koksovnách velmi kladně hodnocen.

Dopravní množství dopravníku bylo optimalizováno na $Q_d = 55 [t \cdot h^{-1}]$. Poháněcí stanice s elektropřevodovkou Nord o výkonu $P_{el} = 11 [kW]$ je dimenzována pro následující návrh počítačového řízení s dobou přestávky činnosti 2 hodiny a dobou chodu 5 minut. Z důvodu určité rezervy pro uvažování občasného extrémního nasypávání materiálu je stanice schopna dopravovat i čtyřnásobné násypové množství. Po kontrole na přetížení a oteplení bylo zjištěno, že pohon je schopen odvádět materiál po celkovém zaplnění dopravníku, avšak pouze po navržené dobu činnosti. Během této doby dojde k celkovému projetí úseku, čímž se pohon dostane opět do optimálního režimu. Vlivem navržené rychlosti dopravy $v = 0,34 [m \cdot s^{-1}]$ a použití řetězového kola s počtem zubů $z = 10 [-]$ je převodový poměr navržené převodovky Nord SK 9086.1 -160 L/4 $i_p = 90,5 [-]$. Rychlost pásma je podle poznatků a zkušeností vedoucích koksoven, kde jsou tyto zařízení instalovány, optimální pro uvažovaný materiál. Navržené řetězové kolo výhodně vede řetěz k dosažení větší vzdálenosti mezi horní a spodní větví.

Jelikož uvažuji přístup horkého koksu je napínání navrženo jako gravitační.

Cenově hodnotím náklady k realizaci jednoho dopravníku na 2 000 000,- Kč. Pro obsluhu obou baterií potřebujeme 2 dopravníky. Pro návrh obsluhy výtlačné strany použijeme další 2 dopravníky. Použití všech 4 dopravníků velmi optimalizuje výrobní proces a odstraní se ztráty materiálu. Při rozhodnutí vedení k použití ochranného roštu budou náklady na rošty jednoho dopravníku asi 100 000,- Kč. Návrh jednoho skipového

výtahu odhaduji na 1 500 000,- Kč. Varianta s využitím všech bezpečnostních a manipulačních prostředků činí tedy 14 400 000,- Kč. Tato investice zaručí moderní způsob obsluhy koksovacích baterií, zlepšení pracovních podmínek a zvýší technickou úroveň koksovny.

9 Seznam použitých pramenů:

Literatura:

- [1] Kozina, A., Píša, M.: Koksárenství, SNTL Praha, 1973.
- [2] Švarc, A., Majzlin, B. S.: Automatizace a mechanizace koksárenských baterií a koksové služby, Praha : SNTL, 1965.
- [3] Polák, J., Bailotti, K., Pavliska, L., Hrabovský, L.: Dopravní a manipulační zařízení II, VŠB - TU OSTRAVA, 2005.
- [4] Pešat, Z.: Manipulace s materiálem v hutích I. VŠB – TU Ostrava, 1992.
- [5] Chmielniak, K.: Koksownictwo, Wydawnictwo Śląsk, 1986.
- [6] Drastík, F.: Strojnické tabulky, MONTANEX, 2002
- [7] Polák, J.: Výpočet hřeblového dopravníku, VŠB – TU Ostrava, 1998
- [8] Řetězová kola důlních strojů, ON 445160, 1976
- [9] Folta, Z.: Části a mechanismy strojů III – Kontrola Hřídele, Studijní materiály, 2007
- [12] Bolek, A., Kochman, J., Části strojů, SNTL Praha, 1989

Fotografie:

- [10] Kubík, J., Archív fotografií koksovný TŽ
- [11] Lasota, M., fotografie z exkurze na koksovně Svoboda

Internet:

- [13] www.hornictvi.info
- [14] www.nord.com
- [15] www.zkl.cz
- [16] www.thiele.de
- [17] www.exposita.cz
- [18] www.upv.cz
- [19] www.trz.cz
- [20] www.gigasro.cz/ke-stazeni-katalogy.html
- [21] fei1.vsb.cz/kat452/index_stary.html
- [22] www.wikipedia.cz
- [23] www.arkov.cz/pdf/radex.pdf

10 Seznam příloh

- I Katalogový list, hřebľa *THIELE GmbH & Co. KG*
- II Katalogový list, řetězy *THIELE GmbH & Co. KG*
- III Katalogový list, třmeny *THIELE GmbH & Co. KG*
- IV Výsledky MKP kontroly řetězu
- V Katalogové listy, kuželočelní elektropřevodovky Nord: UNICASE 50Hz, metric
- VI Výsledky laboratorních měření dopravovaných materiálů
- VII Výpočet výkonu v programu Mathcad 14
- VIII Fotografie archívu koksovny [10]
- IX Obrázky 3D Modelu
- X Termistorové relé MS 220 KA
- XI Elektrický kladkostroj GIGA typ GHM 5000
- XII Informační katalogový list spojky Radex
- XIII Výsledky MKP kontroly řetězu
- XIV Sestava hřeblového dopravníku, LAS-069-00-01
- XV Poháněcí stanice, LAS-069-01-01
- XVI Vratná stanice, LAS-069-01-02
- XVII Výsypka, LAS-069-01-03
- XVIII Kusovník, LAS-069-02-01,List 1/4
- XIX Kusovník, LAS-069-02-01,List 2/4
- XX Kusovník, LAS-069-02-01,List 3/4
- XXI Kusovník, LAS-069-02-01,List 4/4

10 Seznam příloh

- I Katalogový list, hřebľa *THIELE GmbH & Co. KG*
- II Katalogový list, řetězy *THIELE GmbH & Co. KG*
- III Katalogový list, třmeny *THIELE GmbH & Co. KG*
- IV Výsledky MKP kontroly řetězu
- V Katalogové listy, kuželočelní elektropřevodovky Nord: UNICASE 50Hz, metric
- VI Výsledky laboratorních měření dopravovaných materiálů
- VII Výpočet výkonu v programu Mathcad 14
- VIII Fotografie archívu koksovny [10]
- IX Obrázky 3D Modelu
- X Termistorové relé MS 220 KA
- XI Elektrický kladkostroj GIGA typ GHM 5000
- XII Informační katalogový list spojky Radex
- XIII Výsledky MKP kontroly řetězu
- XIV Sestava hřeblového dopravníku, LAS-069-00-01
- XV Poháněcí stanice, LAS-069-01-01
- XVI Vratná stanice, LAS-069-01-02
- XVII Výsypka, LAS-069-01-03
- XVIII Kusovník, LAS-069-02-01,List 1/4
- XIX Kusovník, LAS-069-02-01,List 2/4
- XX Kusovník, LAS-069-02-01,List 3/4
- XXI Kusovník, LAS-069-02-01,List 4/4